

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Análise da Evolução Tecnológica na Área das Baterias Elétricas

Guilherme Pereira Távora

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Doutor José Silva (FCUL)
Professor Sandro Mendonça (ISCTE)

Resumo

O paradigma energético mundial tem sido caracterizado pela necessidade de se dar resposta ao aumento do consumo. Ao mesmo tempo tentam-se criar condições para um desenvolvimento mais sustentável, reduzindo os impactos ambientais associados ao uso dos combustíveis fósseis. Dessa forma, ao longo do presente século, as tecnologias renováveis têm sido progressivamente desenvolvidas, sendo hoje uma parte relevante do conjunto de fontes utilizadas para fazer face às necessidades energéticas à escala mundial. Também de forma a se reduzir o consumo de hidrocarbonetos, existe um interesse acrescido nos veículos elétricos, cuja difusão terá como consequência a eletrificação do setor dos transportes.

Assim sendo, surge a necessidade da integração de eletricidade proveniente de fontes renováveis na rede, que na sua maioria é intermitente, com fontes não armazenáveis. Acrescido a esse fato, há a emergência do armazenamento para a mobilidade elétrica, para o qual são necessárias tecnologias que ofereçam uma autonomia satisfatória a preço competitivo. Como tal, as baterias elétricas, poderão ter um papel fundamental no futuro desta integração renovável, como na eletrificação dos transportes.

Neste contexto, a presente dissertação, através de uma perspetiva neo-Schumpeteriana, realizou uma análise do desenvolvimento tecnológico na área das baterias elétricas, com especial foco da sua integração para o futuro do desenvolvimento sustentável, utilizando patentes de invenção enquanto indicadores de inovação. A análise foi dividida em três fases distintas: na primeira caracterizou-se o patenteamento global das baterias elétricas; na segunda com analisou-se o patenteamento dos tipos de baterias mais comuns, assim como tecnologias promissoras; finalmente numa terceira fase foi feita a análise do patenteamento das baterias para várias aplicações relacionadas com tendências energéticas emergentes no corrente século.

Palavras-Chave: baterias, armazenamento, inovação, veículo elétrico, energias renováveis.

Abstract

The global energy paradigm has been characterized by the need to respond to the increased consumption. At the same time, it's been tried to create conditions for a more sustainable development, reducing environmental impacts associated with the use of fossil fuels. Thus, throughout this century, renewable technologies have been developed progressively, being today a relevant part of the mix of sources used to meet the energy needs worldwide. Also, in order to reduce the consumption of hydrocarbons, there is an increased interest in electric vehicles, whose diffusion will result in the electrification of the transportation sector.

Thus arises the need for electricity integration from renewable sources in the electric network, which are mostly intermittent, with no storable primary sources. Added to this fact there is the emergence of the storage market for electric mobility, for which technologies that offer a satisfactory mobility range at a competitive price are necessary. As such, electric batteries, can play an important role in the future of this renewable integration, as the electrification of transport.

In the context, this thesis, through a neo-Schumpeterian perspective, conducted an analysis of technological development in the field of electric batteries, with a special focus on their integration into the future of sustainable development, using patents as innovation indicators. The analysis was divided into three distinct phases: First the global patenting of electric batteries was characterized; next the patenting of the most common types of batteries, as well as promising technologies was analyzed; finally the patenting of batteries for various applications related to energy emerging trends in the current century was surveyed.

Keywords: batteries, storage, innovation, electric vehicle, renewable energy.

Índice

Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1 Enquadramento Geral.....	1
1.2 Objetivo da análise	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	2
Capítulo 2 – Inovação	3
2.1. Introdução	3
2.2. Alguns conceitos sobre inovação	3
2.3. Caraterísticas da inovação	5
2.4. Inovação enquanto fenómeno sistémico.....	6
2.4.1. Sistema nacional de inovação.....	6
Capítulo 3 – Baterias e energia	8
3.1. Introdução	8
3.2. Armazenamento de energia elétrica	10
3.3. Tecnologias de armazenamento para o aproveitamento elétrico.....	11
3.3.1. Bombagem em central hidroelétrica.....	11
3.3.2. Células de combustível.....	12
3.3.3. Sistemas de ar comprimido	13
3.3.4. Volantes de inércia	13
3.3.5. Supercondensadores	13
3.4. Baterias elétricas	14
3.4.1. Princípios sobre baterias elétricas	14
3.4.2. Tipos de baterias elétricas	15
3.5. Baterias e energias renováveis	17
3.6. Baterias e veículos elétricos	19
3.7. Relacionando armazenamento, baterias elétricas, rede elétrica, mobilidade elétrica e energia renovável	21
Capítulo 4 – Metodologia.....	23
4.1. Introdução	23
4.2. Indicadores de inovação	23
4.2.1. Patentes enquanto indicador de inovação.....	24
4.2.2. Fontes de informação sobre patentes.....	24
4.3. Classificação tecnológica	25
4.3.1. Componentes das baterias elétricas	25
4.3.2. Tipos de baterias.....	28
4.3.3. Baterias elétricas e energia solar fotovoltaica / eólica.....	29
4.3.4. Baterias elétricas e mobilidade elétrica	30

4.3.5.	Baterias elétricas e redes inteligentes	30
4.4.	Empresas e setores	30
Capítulo 5 – Resultados		32
5.1.	Introdução	32
5.2.	Caracterização tecnológica das baterias elétricas.....	32
5.2.1.	Análise temporal do patenteamento	32
5.2.2.	Análise das classes tecnológicas	37
5.2.3.	Análise da tipologia dos patenteadores	40
5.2.4.	Análise do tipo de inovação	44
5.3.	Caracterização dos tipos de baterias.....	46
5.4.	Caracterização do patenteamento conjunto do conjunto de códigos das baterias com determinadas aplicações	49
5.4.1.	Aplicações fotovoltaicas e eólicas.....	49
5.4.2.	Aplicações em mobilidade elétrica.....	50
5.4.3.	Aplicações para redes inteligentes	53
Capítulo 6 – Discussão dos resultados		55
Capítulo 7 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros		58
Referências		59
Anexos.....		63
Anexo I - Códigos de busca da primeira etapa.....		63
Anexo II - Principais códigos das pesquisas que cobrem uma etapa do conjunto de códigos		64
Anexo III - Principais códigos das pesquisas que cobrem mais de uma etapa do conjunto de códigos		65
Anexo IV - Principais patenteadores das pesquisas que cobrem uma etapa do conjunto de códigos		66
Anexo V - Principais patenteadores das pesquisas que cobrem duas etapa do conjunto de códigos		67
Anexo VI - Principais patenteadores das pesquisas que cobrem todas as etapas do conjunto de códigos		68
Anexo VII - Descrição dos códigos utilizados na identificação de diversos elementos das baterias elétricas		69
Anexo VIII - Códigos associados à inovação de processo.....		70
Anexo IX - Códigos de busca da segunda etapa		71
Anexo X - Códigos de busca da terceira etapa.....		72

Índice de Figuras

Figura 1 – Consumo mundial de energia primária para produção elétrica em 1990 (lado esquerdo) e 2012 (lado direito).....	9
Figura 2 – Consumo português de energia primária para produção elétrica em 1990 (lado esquerdo) e 2012 (lado direito).	9
Figura 3 – Consumo por setor em 2012 mundial (lado esquerdo) e português (lado direito).....	10
Figura 4 – Variabilidade temporal do diagrama de carga ibérico em 13-03-2015. Fonte: [23].	11
Figura 5 – Esquema de funcionamento de uma célula de combustível. Fonte: [28].	12
Figura 6 – Esquema de funcionamento de uma bateria de ião-lítio a fornecer carga a um dispositivo. Fonte: [34].	15
Figura 7 – Estimativa da evolução das fontes de produção de energia no New Policies Scenario [1, p. 215].	17
Figura 8 – Estimativa da evolução das fontes de produção de energia no New Policies Scenario [1, p. 216].	17
Figura 9 – Distribuição das fontes renováveis para produção de eletricidade na OCDE em 1990 (lado esquerdo) e em 2012 (lado direito)	18
Figura 10 – Crescimento da eletricidade renovável em GWh na OCDE entre 1990 e 2012.	18
Figura 11 – Aumento incremental da produção mundial de eletricidade renovável por fonte do <i>New Policies Scenario</i> . Fonte: [1, p. 247]	19
Figura 12 – Consumo por fonte no setor dos transportes na OCDE em 2012 construído com base em dados da fonte [21].	21
Figura 13 – Comparação do patenteamento em baterias elétricas com pilhas de combustível	33
Figura 14 – Comparação do pantenteamento que cobre uma etapa do conjunto de códigos	34
Figura 15 – Comparação do pantenteamento que engloba várias etapas do conjunto de códigos ...	34
Figura 16 – Patenteamento no conjunto de códigos das baterias elétricas	35
Figura 17 – Patenteamento em carregamento/fornecimento de carga das baterias	36
Figura 18 – Patenteamento no balanceamento de carga na rede através do armazenamento em baterias	37
Figura 19 – Patenteamento por setor através dos códigos de secção do IPC	38
Figura 20 – Patenteamento de elementos importantes da bateria elétrica.	39
Figura 21 – Principais patenteadores de patentes referentes a uma etapa do conjunto de códigos..	40
Figura 22 – Principais patenteadores de patentes que cubram mais de uma etapa do conjunto de códigos.	41
Figura 23 – Principais patenteadores de toda o conjunto de códigos.	42
Figura 24 – Principais patenteadores no carregamento/fornecimento de carga das baterias elétricas.	43
Figura 25 – Comparação dos principais patenteadores por indústria com principais secções das patentes.	44
Figura 26 – Comparação do patenteamento de diversos tipos de baterias.	47
Figura 27 – Comparação do pantenteamento das baterias de chumbo-ácido, lítio-enxofre e de fluxo.	48
Figura 28 – Patenteamento anual associado a baterias para aplicações fotovoltaicas.	49
Figura 29 – Patenteamento anual de veículos híbridos e veículos de propulsão elétrica.	50
Figura 30 – Patenteamento anual do conjunto de códigos em conjunto com tecnologias associadas à mobilidade elétrica.	51
Figura 31 – Patenteamento anual do carregamento em conjunto com tecnologias associadas à mobilidade elétrica.	52
Figura 32 – Patenteamento anual do carregamento e de células secundárias para aplicações associadas à mobilidade elétrica.	53
Figura 33 – Patenteamento anual do conjunto de códigos das baterias elétricas em conjunto com tecnologias associadas a redes inteligentes.	54

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Classificação da inovação quanto ao tipo. Fonte: [7, 14].....	5
Tabela 2 – Evolução do consumo mundial	8
Tabela 3 – Características dos veículos elétricos. Fonte: [37, 38]:	20
Tabela 4 – Análises dos elementos das baterias.....	27
Tabela 5 – Principais subclasses das várias etapas do conjunto de códigos.	28
Tabela 6 – Patentes associadas ao tipo de inovação no conjunto de códigos das baterias.	45
Tabela 7 – Caracterização da inovação do conjunto de códigos quanto ao tipo.	45
Tabela 8 – Número de patentes contabilizadas para cada tipo de bateria	46

Agradecimentos

A realização deste trabalho, assim como todo o meu percurso académico, foi uma fonte enriquecedora quer a nível profissional quanto pessoal. Como tal, gostaria de agradecer a todos os que contribuíram para a realização da corrente dissertação, sem os quais o caminho teria sido sinceramente mais turbulento.

Começando por agradecer ao Professor José Silva, o meu orientador, pela confiança, apoio, e disponibilidade quase imediata que teve sempre que precisei do seu apoio, demonstrando uma paciência sempre gratificante para mim.

De igual modo agradeço ao meu orientador externo, o Professor Sandro Mendonça, pelas suas intervenções dinâmicas, conselhos e ensinamentos pedagógicos, que vieram mesmo quando estive na outra ponta do Mundo.

Aos meus pais, de todo o meu coração, por toda a sua orientação, preocupação e amor disponibilizados ao longo da minha vida, desejando-me sempre o melhor e fornecendo-me sempre as melhores condições que poderia desejar, quer a nível académico, quer pessoal.

Aos restantes membros da minha família, e em especial aos meus tios, por todo o apoio demonstrado durante todo o meu percurso académico e palavras de apoio constantes.

Às minhas amigas de quatro patas, pela companhia e lambidelas enquanto fazia esta dissertação, que certamente contribuíram para a minha quase sempre boa disposição.

Aos meus familiares que não estão cá para assistir, sabendo o orgulho e felicidade que sentiriam com a conclusão desta etapa da minha vida.

À minha namorada Sofia, por todo o amor, carinho e paciência demonstrados durante esta etapa, mesmo quando tive pouco tempo para ela.

Por fim agradeço a todos os meus amigos pelo companheirismo, preocupação, conselhos, incentivos, e pela boa disposição quando precisei dela. Em especial, aos amigos com quem partilhei tardes e noites enquanto realizávamos as respetivas dissertações: André, Filipa e Yev.

Simbologia e Notações

AQS	Águas Quentes Sanitárias
BEV	<i>Battery Electric Vehicle</i>
CAES	<i>Compressed Air Energy Storage</i>
CAS	<i>Compressed Air Storage</i>
CPC	<i>Cooperative Patent Classification</i>
ECLA	<i>European Classification</i>
EP	<i>European Patent Office</i>
EV	<i>Electric Vehicle</i>
FI	<i>File-Index</i>
G2V	<i>Grid to Vehicle</i>
GWh _e	Gigawatt-hora elétrico
HEV	<i>Hybrid Electric Vehicle</i>
HFB	<i>Hybrid Flow Battery</i>
HV	<i>Hybrid Vehicle</i>
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IH	Instituto Hidrográfico
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
IPC	<i>International Patent Classification</i>
J	<i>Joule</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
PV	<i>Photovoltaic</i>
RFB	<i>Redox-flow Battery</i>
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
SLA	<i>Sealed Lead Acid</i>
SNI	Sistema Nacional de Inovação
USPC	<i>United States Patent Classification</i>
V2G	<i>Vehicle to Grid</i>
VRLA	<i>Valve-Regulated Lead Acid</i>

Wh

Watt-hora

WIPO

World Intellectual Property Organization

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Enquadramento Geral

Encontramo-nos num período de crescimento do consumo energético mundial, sendo que a previsão é de que esta tendência se mantenha até 2040 [1]. Além de ser necessário fazer face a este aumento das necessidades energéticas, agravado pela ascensão das economias emergentes, simultaneamente tem-se assistido a uma mudança na utilização das fontes primárias.

Desde a revolução industrial a tendência foi sempre usar cada vez mais combustíveis fósseis: carvão, petróleo e gás natural. Posteriormente, existiu um acréscimo de energia nuclear com um aumento bastante acelerado que começou nos anos 60 e durou até meio dos anos 80 do século XX [2]. A partir do virar do século começou a assistir-se a um crescimento gradual da importância das fontes de energia renováveis no *mix* energético que se verifica até hoje, que ganharam assim o seu espaço num mercado outrora quase exclusivamente dominado pela utilização de combustíveis fósseis.

Um dos principais fatores que levaram a esta mudança foi a crescente consciencialização do impacto ambiental associado às formas convencionais de produção e consumo de energia. Juntando também o facto de as reservas de energia fósseis serem finitas e seu preço aumentar conforme estas vão escasseando. Durante a década de oitenta do século XX surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável como sendo o “desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” [3, p. 54]. Outro fator de mudança importante reside na tentativa de alguns países reduzirem a sua dependência energética, já que a maioria destes estão sujeitos à instabilidade de países importadores de fontes energéticas como petróleo, gás natural, carvão, etc.

Este novo paradigma energético, apesar das vantagens a nível ambiental, também induz novos desafios. As fontes convencionais têm uma grande capacidade de controlo de produção oferecendo a chamada garantia de potência, mas a introdução de novas fontes renováveis sem capacidade de ajuste face a um aumento ou redução de consumo, introduzem um problema de gestão e de integração na rede elétrica.

A maioria destas novas fontes não são controláveis e apresentam uma grande variabilidade no tempo, como é o caso da energia eólica que, por norma, tem um pico de funcionamento em horas de baixo consumo, havendo assim um desperdício caso esta energia não seja acumulada e uma necessidade de despachar energia adicional. O micro-produtor também pode beneficiar desta acumulação de energia, podendo utilizar energia mais barata armazenada em períodos de baixo consumo, e utilizá-la ou vendê-la à rede em períodos em que esta é mais cara [4]. Desta forma, o armazenamento de energia começa a tornar-se no desafio mais importante dos sistemas electroprodutores devido ao crescente aumento de utilização de energia renovável em todo o mundo.

Uma das possíveis formas de armazenamento são as baterias elétricas, que são utilizadas em diversas aplicações. Neste momento assiste-se também a um aumento do interesse na mobilidade elétrica. A importância deste desenvolvimento vai além do facto de o setor dos transportes representar cerca de 30% do mercado energético [5], pois poderá ter implicações importantes no desenvolvimento de outros mercados de acumulação de energia. A componente mais dispendiosa e mais importante de um carro elétrico é a sua bateria. Conforme se aumenta a capacidade da bateria, aumenta-se também o alcance do veículo elétrico, fazendo assim subir o interesse do potencial consumidor, tornando-se portanto natural que investimentos em I&D de entidades públicas e privadas privilegiem a investigação em baterias. A disseminação do veículo elétrico tem por consequência uma gradual redução dos seus custos e um aumento da capacidade de armazenamento elétrico, da qual beneficiam as restantes aplicações das mesmas, entre elas o armazenamento de energia de origem renovável

1.2 Objetivo da análise

O presente estudo insere-se num período em que existe uma grande expectativa relativamente ao veículo elétrico por parte dos intervenientes chave do mercado. Enquanto este se propaga, além de modificar gradualmente o setor dos transportes, vai-se encaixando cada vez mais num conceito que se tem vindo a desenvolver denominado por *smarts grids* ou redes inteligentes, que possuem um sistema de gestão e comunicação que permite otimizar a carga e descarga das baterias dos veículos elétricos de acordo com as necessidades da rede elétrica [6].

Ora, sabendo da importância do armazenamento de energia para o futuro da exploração renovável, mobilidade elétrica e dos modos de operação da rede mais eficientes, os desenvolvimentos recentes nesta área são motivadores para o presente estudo focado em realizar uma análise da evolução tecnológica das baterias elétricas. O presente estudo foi efetuado tendo em conta uma perspetiva de economia da inovação, cuja origem provém do economista Joseph Schumpeter. Assim sendo, a metodologia passou pela utilização de patentes de invenção registadas pelo WIPO enquanto indicador de inovação. Ainda que não existam métricas diretas, é um indicador útil e válido para um estudo de economia de inovação, sendo considerado o melhor indicado por se tratar de um subproduto da atividade económica. Após se definirem as classes tecnológicas da temática em análise e através da utilização de buscas utilizando códigos de patenteamento, resumos e títulos de patentes, foi possível estabelecer uma série de buscas e construir-se uma base de dados robusta.

O presente trabalho centra-se numa questão de partida: De que forma a inovação na área das baterias elétricas se encontra associada à sustentabilidade energética? Como tal, é necessário apurar e interpretar conjuntos de factos associados às baterias elétricas para se poder dar resposta às questões anteriormente apontadas: em que estado se encontra o desenvolvimento das baterias elétricas, quais os principais patenteadores, que setores impulsionam a sua inovação, qual o futuro dos diversos tipos de baterias, de que forma evolui o patenteamento das baterias com aplicações renováveis, que impacto tem o veículo elétrico e respetiva infraestrutura no seu patenteamento das baterias e de que forma contribuem as redes inteligentes para o desenvolvimento deste campo.

1.3 Estrutura da dissertação

A corrente dissertação encontra-se organizada da seguinte forma: o capítulo 2 assenta na definição de conceitos associados à economia de inovação, assim como algumas características da mesma; o capítulo 3 foca-se no enquadramento do panorama atual energético, e conceitos fundamentais sobre as baterias elétricas; o capítulo 4 descreve a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, descrevendo também as diferenças entre as análises que visam responder às várias questões apresentadas; o capítulo 5 apresenta os resultados obtidos, seguidos da sua análise e discussão; no capítulo 6 são apresentadas as conclusões da análise realizada assim como as suas implicações. Também é aqui feita uma sugestão para trabalhos futuros.

Segue-se a bibliografia utilizada e apresentam-se os anexos deste trabalho.

Capítulo 2 – Inovação

2.1. Introdução

A inovação advém da necessidade do ser humano em desenvolver novas ideias e soluções e é possivelmente “*tão antiga como a própria humanidade*” [7, p. 1]. No entanto, o estudo da inovação enquanto fenómeno económico começa com Joseph Schumpeter. Segundo ele, a inovação é o principal motor de crescimento económico evitando assim que a economia entre em estado estacionário, pois é através dela que se gera competição empresarial de onde surgem e se desenvolvem novos produtos, processos, métodos organizacionais e de *marketing*. Para Schumpeter “*tudo em economia é mudança*”¹ [8, p. 105], uma vez que a inovação introduz mudança, esta altera o mercado de tal forma em que é gerada a chamada “destruição criativa” onde uma nova ideia aplicada na prática destrói por completo o antigo modelo de negócio, estabelecendo-se assim um novo monopólio. Como exemplos concretos podemos citar o caso da máquina de escrever, onde o negócio se extinguiu com a introdução do computador [9], ou o caso do leitor de CD’s portátil, cujo mercado foi desaparecendo face ao desenvolvimento da música digital [10].

O desenvolvimento de conhecimentos na área da inovação fez com que esta passasse a ser considerada um dos principais fatores de mudança económica e social, ao invés de esta ser centrada na análise de capitais e mercados onde a tecnologia e ciência não tinham grande papel. Esta dissertação enquadra-se numa visão “neo-Schumpeteriana” onde o recurso fundamental é o conhecimento, quer este seja explícito (pode ser transcrito para um livro por exemplo) quer seja tácito (natureza implícita, não pode ser escrito) [7]. Como tal, pressupõe-se que a aprendizagem seja o processo mais importante, já que é esta que gera novo conhecimento. Também é importante referir que na presente dissertação tem-se em perspectiva que o objetivo da inovação económica é sempre o lucro, enquanto outros tipos de inovação podem ter outros propósitos como é o caso da inovação no setor público, onde o objetivo poderá passar por assuntos de segurança nacional (por exemplo a nível militar, através de uma nova máquina de guerra ou de uma organização policial mais eficiente) ou de inovação social.

2.2. Alguns conceitos sobre inovação

A natureza da inovação não é homogénea [7] e explicar como esta ocorre é uma tarefa complexa, ainda que existam períodos em que ocorrem grandes mudanças causadas por inovações que têm um impacto, de tal modo importante, que revolucionam por completo toda uma indústria. São exemplo disso as mudanças ocorridas no século XVIII durante o período da chamada primeira revolução industrial, devido ao aumento da eficiência da máquina de vapor introduzida por James Watt ou devido a uma série de inovações introduzida na indústria dos têxteis [11]. Estas épocas de inovação contrastam com outros períodos onde tende a existir uma maior estabilidade com menos inovações com tal impacto.

É importante especificar a diferença entre inovação e invenção. Uma invenção pode ser definida como o aparecimento de uma nova ideia ou a criação de um novo produto. Enquanto inovação se trata de introduzir uma nova ideia no mercado. Embora as inovações tendam a ocorrer predominantemente em espaço empresarial, as invenções também ocorrem com frequência noutros espaços como por exemplo nas universidades.

A invenção e a inovação ocorrem em momentos diferentes porém, em certos casos torna-se difícil distingui-las separadamente no tempo [7]. Por vezes ocorre o oposto, existindo uma grande distância

¹ No original: “*For Joseph Schumpeter economics was all about change*”

temporal entre ambas. Isto pode ocorrer devido a um número variado de fatores que fazem com que em determinada época não existam os meios necessários para se colocar uma inovação em prática, seja por falta de capacidades técnicas, de materiais disponíveis, de capacidade de produção ou falta de um complemento importante técnico ou infraestrutural. Aliás, a tecnologia, normalmente, depende da infraestrutura em si, já que esta é vista como um ativo complementar [12]. Por exemplo, é pouco passível de se ter uma propagação eficiente do veículo elétrico sem postos de carregamentos, assim como a disseminação da aviação comercial só foi possível com a construção de um número adequado de aeroportos espalhados pelo mundo.

Segundo Fagerbeg [7], Schumpeter acentuou três aspetos concretos relativos à inovação. Um deles assenta na incerteza associada a novos projetos, seja ela substantiva devido a falhas de representação cognitiva ou procedimental relacionada com os modos e soluções para resolução de problemas. O segundo aspeto advém da necessidade de se ser rápido pois existe sempre o perigo de outros explorarem primeiro os proveitos de uma nova inovação e assim explorarem melhor o potencial económico desta. Aqui entra a distinção entre inovador e imitador, sendo que o último entra no setor e tenta obter parte dos benefícios económicos gerados pela inovação. Apesar da vantagem do conhecimento original que o inovador possui em relação ao imitador, este último pode induzir novas inovações sobre a inovação original, dando assim também ao imitador um papel de possível inovador. Por fim, o terceiro aspeto diz respeito à inércia existente a diversos níveis em novos processos de inovação. Esta inércia advém do facto de ser mais fácil de aproveitar os conhecimentos já adquiridos do que optar por novas formas de resolver uma determinada questão, que poderão inviabilizar o conhecimento posterior e a necessidade do estabelecimento de toda uma nova aprendizagem. Em *Schumpeter Mark I* (nome pelo qual são reconhecidos os primeiros trabalhos de Schumpeter), ele afirma que a *“inovação é a contínua batalha entre empreendedores individuais advogando soluções novas para problemas em particular, e a inércia social, sendo esta parcialmente endógena”*² [7, p. 9].

Muitos estudos posteriores foram feitos dando especial ênfase à incerteza inerente à inovação (Nelson e Winter 1982; Nonaka e Takeuchi 1995; Van de Ven et al. 1999). Neste sentido, foi sugerido que se deve dar ao “inovador” autonomia e margem de manobra para o erro, sendo considerado fundamental estar-se disponível para novas soluções e alterações de rumo, principalmente nos primeiros estágios do processo de inovação, abrindo desta forma o leque de perspetivas. Apesar de isto contrariar de certa forma várias ideias de gestão, impede que se fique bloqueado que é o que acontece quando se realiza uma trajetória muito rígida, dando pouca adaptabilidade ao projeto de inovação. Desta forma, pode afirmar-se que, até se chegar a uma fase em que haja conhecimento suficiente para excluir determinadas opções, a melhor abordagem inicial será a de estabelecer um caminho rígido a percorrer. Uma direção inicial muito rígida poderá ser prejudicial caso se tenha de optar subitamente por uma abordagem alternativa, pois poderão faltar os meios ou essa mudança acarretar custos financeiros demasiado elevados. Também é considerado que muitas vezes não se conhecem quais as melhores soluções numa inovação com potencial de retorno e ainda menos a possibilidade de sucesso de tal opção.

A inovação em si também é muito dependente do tipo de tecnologia a que se refere. Existem setores chave (*“core sectors”*) como por exemplo a indústria química, eletrónica, máquinas-ferramenta e instrumentos científicos, setores secundários como a indústria automóvel e metalúrgica e *“user sectors”* como por exemplo os serviços. Os core sectors são os que dão origem à maioria das inovações numa economia enquanto os setores secundários inovam menos, podendo utilizar tecnologia proveniente dos exemplos anteriores. Os *“user sectors”* essencialmente utilizam tecnologia proveniente dos casos anteriores [13].

Independentemente da natureza da tecnologia, os impactos das diversas inovações numa determinada área têm magnitudes diferentes e podem ser classificadas relativamente ao seu impacto, denominando-se por inovações radicais quando introduzem novidades que provocam uma rutura com

² No original: *“Innovation is the outcome of continuous struggle in historical time between individual entrepreneurs, advocating novel solutions to particular problems, and social inertia, with the latter seem as (partly) endogenous”*.

as tecnologias ou processos antecedentes, e incrementais quando têm um impacto mais reduzido. A importância das últimas não é menor do que das inovações radicais, já que a inovação é um processo contínuo e um produto tende a passar por diversas inovações durante o seu ciclo de vida, além de que muitas vezes uma inovação radical trata-se na realidade de uma sucessão de inovações incrementais.

Existem outros tipos de classificação possíveis nesta área. Uma classificação de grande significado refere-se ao tipo da inovação em si como vem descrita na Tabela 1. Em ciência e tecnologia, os dois primeiros tipos descritos são os mais importantes. Tendencialmente, numa primeira fase de uma nova tecnologia, o foco é dirigido à inovação de produto, passando mais tarde para a inovação de processo assim que o produto atinge uma certa fase de maturidade. Saliente-se que os outros tipos de inovação têm valor em ciência e tecnologia, pois esta sem organização terá o seu impacto económico significativamente inferior.

Tabela 1 - Classificação da inovação quanto ao tipo. Fonte: [7, 14]

Tipo de Inovação	Descrição
Produto	Introdução de um produto que é novo ou significativamente aprimorado em relação às suas características ou possibilidades de utilização. Isto inclui melhorias significativas em componentes técnicos específicos, materiais e componentes, <i>software</i> incorporado, maior facilidade de utilização ou outras características funcionais
Processo	Implementação de um método de produção ou de distribuição novo ou significativamente melhorado, incluindo alterações em técnicas, de equipamento ou <i>software</i>
Organizacional	Implementação ou desenvolvimento de um método organizacional relacionado com a produção, distribuição ou relações internas
Marketing	Implementação de novos métodos de <i>marketing</i> , incluindo alterações no <i>design</i> do produto ou do processo de embalagem, colocação do produto, promoção de produto ou alteração de preço

2.3. Características da inovação

O conceito de fato estilizado pode ser descrito como uma representação simplificada de um conjunto de descobertas empíricas e foi introduzido por Nicholas Kaldor de forma a se apreender importantes conceitos em economia de crescimento. Um fato estilizado deve ser entendido como um conceito geral, ou tendência global, não se focando em detalhes individuais [15].

Através dos vários conhecimentos empíricos adquiridos ao longo do tempo, é possível estabelecer-se uma série de fatos estilizados sobre inovação, devido à consistência temporal dos mesmos que vão além da constatação de que o papel da inovação tem grande influência na atividade económica e se estende por todo o crescimento económico.

É notório que, na maioria dos casos onde ocorreu uma inovação, o que aconteceu na realidade foi uma recombinação de complementos previamente conhecidos. A inovação não é, portanto, um fenómeno isolado, já que uma alteração numa componente de um produto pode dar origem a novas possibilidades de interações com outras componentes, originando uma série de novas possibilidades. As inovações incrementais dão-se com maior ocorrência sendo que as radicais mais raras e são muito difíceis de se antecipar.

Também se pode constatar que, para o inovador, a inovação em si não é sinónimo de sucesso, pois conseguir pôr uma inovação em prática não implica necessariamente ter um maior retorno económico.

Uma empresa inovadora deve manter rotinas organizacionais de modo a tirar o máximo proveito do investimento em I&D, nomeadamente atribuindo margem de manobra ao inovador, e aplicando dois estilos de organização distintos, um focado na inovação a inovação radical, e outro dedicado à inovação incremental. Dessa forma estão-se a criar bases para que a inovação possa ocorrer.

Existem uma certa “natureza geográfica” associada à inovação. Tanto a nível de investimento como de *output* a inovação tende a ocorrer em centros globais onde se encontram vários dos principais atores associados ao processo de inovação que aí interagem, colaboram e competem entre si. A nível interno na empresa, a localização de determinados indivíduos intervenientes no processo de inovação deve ser tido em conta, de forma a existir um fluxo eficiente de conhecimento entre estes. Isto torna-se benéfico pois algum conhecimento é “difícil de exprimir e transferir, pois é contextualmente dependente”. Até certo ponto, a inovação beneficia de um contacto “cara-a-cara” [15].

Outros fatos estilizados já foram abordados tais como a diferenciação do conceito de inovação e invenção (ambos críticos neste processo), a existência de diferentes tipos de inovação e alguma padronização da inovação ao longo do tempo.

2.4. Inovação enquanto fenómeno sistémico

Embora já tenha sido abordado o facto de as inovações ocorrerem predominantemente nas empresas, estas não podem inovar isoladamente, antes dependem de outras entidades, já que a inovação não é um fenómeno linear onde surge primeiro uma ideia/invenção, seguindo-se a produção e comercialização desta, existem uma série de interações entre os diferentes agentes deste tipo de processos. Por essa razão, Kline e Rosenberg utilizaram o modelo linear que descrevia a inovação como ciência aplicada, para descrever precisamente o que esta não era [7]. O estudo dos processos que levam à inovação conduziu ao chamado modelo de ligações em cadeia, onde esta começa numa ideia com potencial de uso no mercado, passando pelos diferentes estágios contemplando os diferentes interações originadas a nível da empresa. No entanto, este trabalho assume um modelo de aprendizagem interativa multi-canal mantendo o carácter de múltiplas interações dentro da empresa, dando porém ênfase às interações e não às ações. Este modelo multi-canal parte do pressuposto que o processo de inovação pode começar em qualquer etapa, e como tal este é circular e fechado sobre si mesmo, de forma a contemplar todas as dinâmicas do processo de aprendizagem [16].

De forma poder caracterizar melhor este tipo de ocorrências, utiliza-se uma abordagem sistémica, que nos permite visualizar as diferentes entidades e a forma como ocorrem as interações entre si. Inicialmente o desenvolvimento desta abordagem sistémica foi feito por instituições como a OCDE e a Universidade de Sussex, através dos contributos de Bengt-Åke Lundvall e Christopher Freeman respetivamente, que levou a que se considerasse o próprio sistema como o motor da inovação e do crescimento económico. Esta abordagem sistémica coloca o foco nas ligações e nas partilhas de informação que ocorrem entre os intervenientes e que geram uma aprendizagem partilhada. Um sistema dinâmico de inovação deverá estar disponível para se adaptar quer a impulsos gerados por interações internas, quer a impulsos exteriores, de modo a orientar o seu funcionamento de forma vantajosa para os diversos participantes do processo de inovação, não descuidando o perigo de essa orientação conjunta poder colocar o sistema numa direção demasiado rígida.

2.4.1. Sistema nacional de inovação

Ainda que possa ser aplicada a nível local, regional ou global, a abordagem sistémica mais comum é quando é aplicada a nível nacional que se deve ao facto de processo de identificação e caracterização dos componentes ser mais fácil devido aos limites políticos e administrativos serem mais claros e específicos. O conceito de sistema nacional de inovação (SNI) foi introduzido primeiramente em 1987 [17] e pode ser definida como “*um sistema aberto, evolutivo e complexo que incorpora*

estruturas económicas e institucionais sendo a qualidade destes elementos e a relação entre estes que determinam o grau e a direção da inovação” [18]. Deste modo, numa perspetiva de dinâmica tecnológica, torna-se importante averiguar de que forma os diferentes atores se relacionam e se influenciam entre si.

Num SNI os diversos atores interagem permanentemente entre si e o modo como partilham o conhecimento tácito-explicito influencia a forma como a inovação irá ocorrer gerando uma aprendizagem interativa entre eles.

A peça central do SNI são os chamados atores privados, representados por empresas inovadoras sejam elas de baixa tecnologia onde tendem a inovar incrementalmente ou de alta tecnologia onde tendem a inovar radicalmente. As suas interações não ocorrem só com os atores públicos, pois estas, além de interagirem com fornecedores e consumidores, interagem entre si externamente e também internamente, já que a nível interdepartamental existe uma série de partilhas de informação e conhecimento que vão para além dos métodos organizacionais. As relações entre empresas a nível externo dá origem aos chamados laços que podem ser fortes ou fracos, dependendo do quão o conhecimento é partilhado.

Os atores públicos são uma peça importante do SNI e são constituídos por universidades, laboratórios participados pelo estado ou outro tipo de institutos públicos (em Portugal temos o exemplo do LNEC, IH, entre outros de onde podemos dar como exemplo o Projeto do LNEG denominado “Membranas Híbridas de Permuta Protónica para Aplicação em Pilhas de Combustível de Temperatura Intermédia”) onde a sua funcionalidade está dependente do *feedback* de iniciativas inovadoras [18, 19].

Existem ainda atores que pertencem ao sistema político que regem não só incentivos e políticas de I&D mas também leis/regulamentação e serviços de administração pública. Também é importante referir os atores financeiros ou outro tipo de atores que contribuem para a componentes de infraestruturas.

Capítulo 3 – Baterias e energia

3.1. Introdução

A evolução da economia global leva a que haja um aumento ano após ano do consumo energético mundial. Em 2013 existiu um aumento do consumo de energia primária de 2.3% [20] e a nível de eletricidade entre 1990 e 2012 houve um aumento global de 95.1% do consumo [21]. Apesar dos países mais desenvolvidos continuarem a aumentar as suas necessidades energéticas, são as nações pertencentes a países não vinculados à OCDE que mais exercem influência na curva de crescimento, sobretudo devido a economias emergentes como as da China e do Brasil [20].

Tabela 2 – Evolução do consumo mundial

Ano	Eletricidade			Calor		
	[GWh]			[TJ]		
1990						
2012						
Aumento						
Consumo Mundial	9694902	18911793	95,1%	14035332	12002249	-14.5%
Consumo OCDE	6416714	9290702	44.8%	1784462	2475585	38.7%
Consumo Não-OCDE	3278188	9621091	193.5%	12250870	9526664	-22.2%

Através de dados publicados pela IEA, foi possível construir-se os gráficos das Figuras 1 e 2 para melhor se compreender a evolução do consumo nos últimos anos em GWh (Gigawatt-hora) e TJ (Terajoule). Dada a natureza do tema do trabalho apenas se focou na produção de eletricidade, não se averiguando os dados sobre a produção de calor. Analisando o caso da produção de eletricidade por fonte a nível mundial e comparando o ano de 1990 com o de 2012, pode verificar-se que devido ao aumento de consumo de eletricidade, todas as formas de produção aumentaram a quantidade de energia produzida em GWh (energia elétrica consumida por um aparelho elétrico durante um determinado período de tempo). Apesar disso, torna-se evidente que existe uma quebra das cotas de mercado pertencentes ao petróleo e à energia nuclear, enquanto a produção de eletricidade usando gás natural aumenta muito significativamente. Verifica-se também que o carvão aumenta ligeiramente a sua cota de mercado, assim como as fontes de energia renovável que se podem definir como “fontes continuamente reabastecidas pela natureza e derivadas diretamente do Sol (como a energia térmica, fotoquímica, e fotoelétrica), indiretamente do Sol (como o vento, hídrica, e energia fotossintética armazenada na biomassa), ou de movimentos e mecanismos naturais do ambiente (como a energia geotérmica e das marés)”³ [22, p. 2]. A nível exclusivo dos países pertencentes à OCDE a situação é semelhante, porém o carvão junta-se ao petróleo e ao nuclear no decréscimo da sua fatia de produção ainda que continue a ser a principal fonte de energia. A produção a nível nacional é caracterizada pela redução brusca do petróleo que era a líder a par do carvão, passando as fontes renováveis a ter uma maior predominância. De salientar novamente o gás natural, que foi aquele que cresceu mais neste período.

³ No original: “Renewable energies are energy sources that are continually replenished by nature and derived directly from the sun (such as thermal, photo-chemical, and photo-electric), indirectly from the sun (such as wind, hydropower, and photosynthetic energy stored in biomass), or from other natural movements and mechanisms of the environment (such as geothermal and tidal energy).”

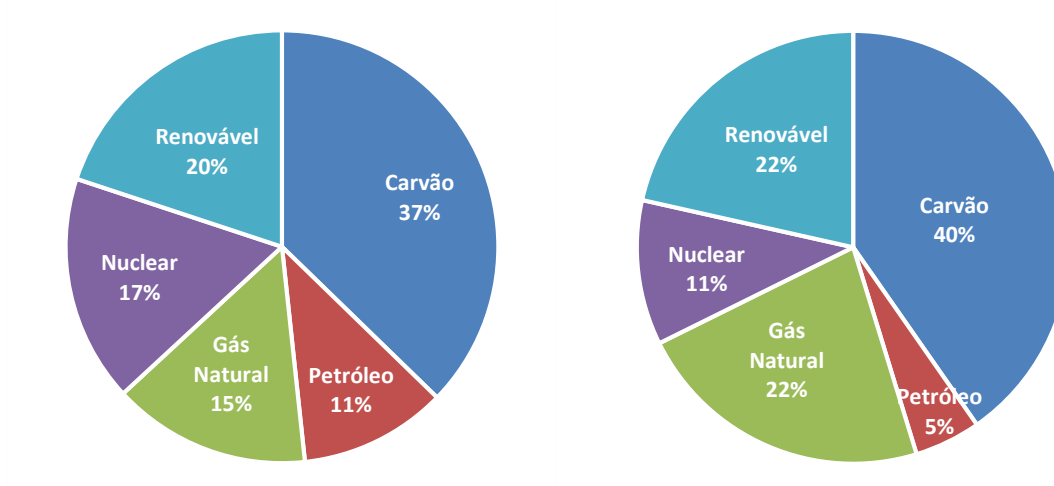


Figura 1 – Consumo mundial de energia primária para produção elétrica em 1990 (lado esquerdo) e 2012 (lado direito).

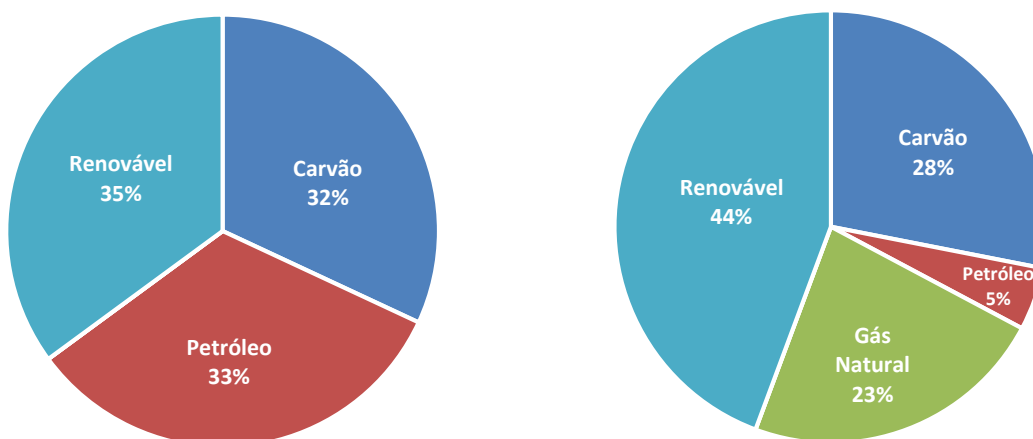


Figura 2 – Consumo português de energia primária para produção elétrica em 1990 (lado esquerdo) e 2012 (lado direito).

A Figura 3 apresenta os dados dos consumos energéticos por setor e foi construída a partir de dados da fonte [21]. Tipicamente, a divisão é feita em 3 categorias: indústria, transporte e edifícios. Para a contagem da parcela dos edifícios foram somados os consumos associados os edifícios residenciais e comerciais. A parcela denominada por “outros” corresponde a atividades como agricultura, pescas, etc.

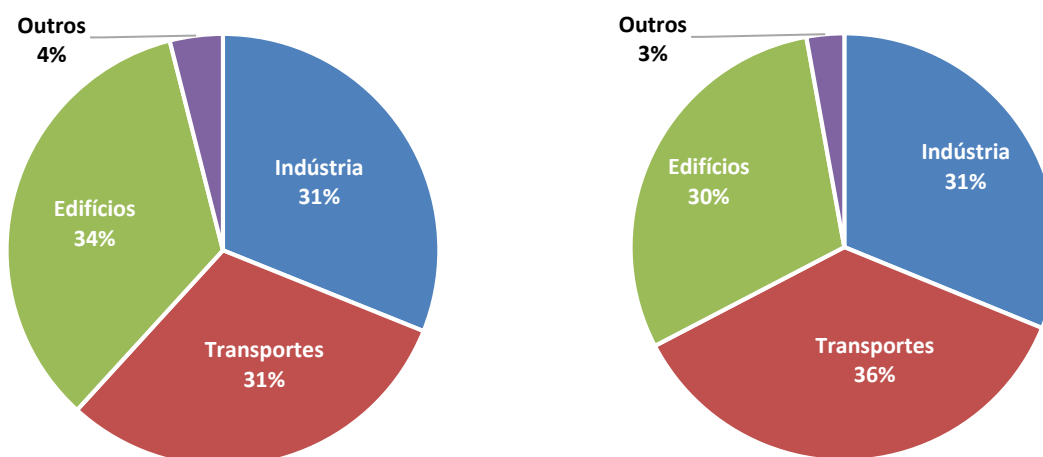


Figura 3 – Consumo por setor em 2012 mundial (lado esquerdo) e português (lado direito).

Olhando para a Figura 3 verifica-se que a distribuição de consumos entre os três principais setores é equilibrada. Mundialmente o consumo no setor dos edifícios é ligeiramente superior aos restantes. Em países pertencentes à OCDE a percentagem associada à indústria é um pouco inferior em relação aos outros setores enquanto nos países não-OCDE os transportes são uma parcela ligeiramente inferior em relação aos outros setores. No caso português o setor que apresenta um maior consumo é o dos transportes, ainda que seja uma diferença pouco significativa em relação ao setor da indústria e dos edifícios. As atividades não associadas a nenhum dos três setores fundamentais têm uma expressão muito pequena nos consumos totais.

3.2. Armazenamento de energia elétrica

A mudança do *mix* energético descrita no capítulo anterior induz novos desafios. Conforme a produção de eletricidade através de fontes renováveis foi crescendo, foi despertando uma maior consciência para os desafios que daí advinham para o armazenamento de energia. Isto porque quando o mercado era quase exclusivamente denominado por fontes fósseis, o próprio recurso em si é uma reserva natural, pronta a ser transformada em energia elétrica ou térmica de modo controlado pelo homem, que, deste modo, consegue satisfazer os perfis de consumo que variam ao longo do dia e até mesmo do ano. Deste modo, a adaptação ao diagrama de carga (Figura 4) que é variável ao longo do tempo era mais fácil de concretizar.

Mais tarde deu-se a introdução de energia nuclear para produzir eletricidade. Esta fonte, apesar de não ter capacidade de ajuste de produção por ser constante ao longo do tempo, as várias matérias-primas utilizadas, incluindo o urânio, são armazenáveis e podem ser adicionadas gradualmente de forma a se manter o funcionamento das centrais.

Em oposição ao modelo de funcionamento constante de uma central nuclear, as fontes renováveis não só não têm capacidade de ajuste de produção como a sua matéria-prima é altamente variável espacial e temporalmente, sendo praticamente impossível o seu armazenamento (exceção das centrais hídricas com albufeira e biomassa). As energias renováveis atingem muitas vezes picos de produção em fases de menor consumo, podendo mesmo produzir mais eletricidade do que a consumida nesse momento, gerando um excedente energético, como é o caso da energia eólica ou fotovoltaica [4].

Esta situação tem levado a que as atenções se centrem cada vez mais no armazenamento de eletricidade. Conforme se vão conseguindo desenvolver tecnologias que permitam armazenar uma maior quantidade de energia a um custo cada vez mais baixo, vai-se começando a oferecer maior capacidade de despacho à produção de energia de origem renovável, pois deste modo aumentamos a capacidade de armazenar a energia excedente produzida por estas, a um custo competitivo, oferecendo uma maior margem de manobra ao operador de rede, e permitindo aproveitar as ocasiões mais propícias para injetar eletricidade na rede. Além do apoio à energia renovável, o armazenamento também permite que se armazene energia em períodos de vazio, para depois ser utilizada ou vendida em períodos de ponta, onde o custo da eletricidade fornecida pela rede é maior [4].

As vantagens do armazenamento não se esgotam no armazenamento em si. O armazenamento de eletricidade serve também de elemento regulador de tensão e de frequência, mitigação do congestionamento na rede, sistema de apoio ou emergência no caso de ocorrer uma falha da rede, e para o funcionamento de produtos eletrónicos como por exemplo computadores portáteis e telemóveis [4].

Existe ainda o armazenamento térmico quer de calor ou frio cujo objetivo é armazenar a energia térmica para posterior uso em sistemas de AQS (Águas Quentes Sanitárias) ou para fins de climatização, não entrando na categoria de acumulação de energia elétrica.

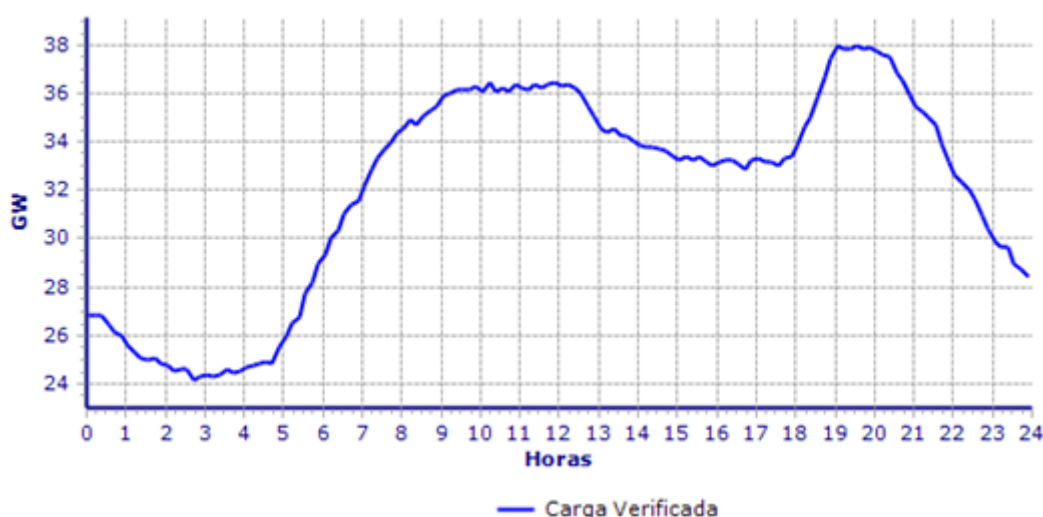


Figura 4 – Variabilidade temporal do diagrama de carga ibérico em 13-03-2015. Fonte: [23].

3.3. Tecnologias de armazenamento para o aproveitamento elétrico

3.3.1. Bombagem em central hidroelétrica

As únicas centrais de energia renovável ditas convencionais são as hídricas, sendo uma tecnologia já madura. As que possuem albufeira com bombagem oferecem uma grande capacidade de armazenamento com uma capacidade de resposta rápida e flexível face a aumentos acentuados e momentâneos de consumo. O seu funcionamento dá-se com a deslocação da água de uma cota mais alta para uma cota mais baixa e, ao passar numa turbina, a energia potencial armazenada transforma-se em energia elétrica [24]. A bombagem armazena o recurso quando move a água da cota mais baixa para uma mais elevada e é feita normalmente em horas de vazio (período diário de menor consumo) enquanto o processo de geração de eletricidade é feito em hora de ponta (período diário de maior

consumo) [22]. Dado que é necessário consumir energia para fazer subir a água, uma boa forma de gerir a rede é a utilização do excedente eólico noturno para bombear a água [25]. A bombagem hidroelétrica é a forma de armazenamento de energia com maior capacidade da rede atualmente [22] e representa 99% da capacidade de armazenamento mundial instalada [4]. Porém este tipo de tecnologia está dependente de determinadas condições topográficas e de uma grande quantidade de espaço disponível [4] não sendo assim aplicável em todas as regiões. Existe margem inovativa para melhorar a operação e funcionamento das centrais, custo de tecnologia e mitigação de impactos ambientais [22], sendo a última importante por se tratar de outra desvantagem desta forma de armazenamento.

3.3.2. Células de combustível

A célula de combustível ou *fuel cell* é uma tecnologia cujo funcionamento consiste na utilização de um cátodo, ânodo e eletrólito contidos numa célula que, através do combustível (normalmente hidrogénio) e do oxidante (oxigénio do ar), originam uma reação eletroquímica que tem como produtos de reação eletricidade, calor e água, sendo considerada uma forma de armazenamento muito pouco poluente embora na realidade seja uma fonte de produção eletroquímica de eletricidade através de um combustível [26].

No entanto existem algumas desvantagens como os custos em €/Wh para aplicações estacionárias, e o desconhecimento do ciclo de vida e tempo de degradação de muitas tecnologias das células de combustível (principalmente em aplicações a elevadas temperaturas, que são as melhores para produção de energia elétrica). Um dos seus principais combustíveis, o hidrogénio, também é bastante caro e carece de uma infraestrutura de produção e distribuição. A sua utilização em veículos elétricos (em células de combustível a baixa temperatura) apresenta problemas de segurança a nível de flamibilidade/explosividade para além de ser difícil introduzir a quantidade necessária de hidrogénio em contentores pequenos [27].

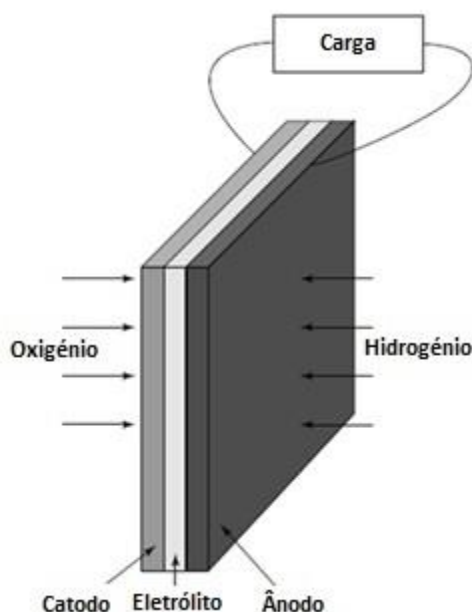


Figura 5 – Esquema de funcionamento de uma célula de combustível. Fonte: [28].

3.3.3. Sistemas de ar comprimido

Os CAES – *Compressed Air Energy Storage* - utilizam energia elétrica da rede fora dos períodos de ponta para armazenar ar comprimido a alta pressão num reservatório geológico, sendo este aquecido e libertado mais tarde acionando turbinas de ar que geram eletricidade em horas de ponta de forma semelhante às centrais de turbina de gás de hora de ponta [29]. Esta tecnologia apenas pode ser utilizada em grande escala e possui uma grande velocidade de arranque quando comparada com centrais de turbinas de combustão a hora de ponta. No entanto não existem muitas estruturas geológicas que permitam a utilização deste tipo de armazenamento e esta limitação é a sua principal desvantagem. O chamado sistema CAS – *Compressed Air Storage* – que armazena o ar em tanques fabricados não depende de fatores geológicos, porém o seu custo de construção não é praticável. É ainda assim uma boa opção em locais que ofereceram a possibilidade de manter um reservatório de grande dimensão [24].

3.3.4. Volantes de inércia

Os volantes de inércia ou *flywheels* utilizam um sistema de armazenamento mecânico onde a energia rotacional é armazenada num rotor cilíndrico. A energia é conservada mantendo a rotação a uma velocidade constante. O aumento da quantidade de energia armazenada é conseguida aumentando-se também a velocidade rotacional. A eletricidade é extraída quando se reduz essa mesma velocidade. Para isso, utiliza-se um sistema de transmissão que é constituído por um motor/gerador e o estator [4]. Uma das vantagens desta tecnologia está na no fato de aguentar um grande número de ciclos de funcionamento que por sua vez não estão dependentes das (elevadas) profundidades de carga e descarga. Assim sendo, o tempo de vida do próprio volante de inércia é o fator limitante em diversas aplicações ao invés do tempo de vida cíclico. Outras características são as elevadas energia e potência específicas e uma eficiência de cerca de 90%. As desvantagens deste sistema, para além do seu custo elevado, é a sua taxa de auto descarga com um mínimo de 20% da sua capacidade por hora. Isto torna o volante de inércia pouco propício para aplicações que visem o armazenamento de energia a longo prazo [24].

3.3.5. Supercondensadores

Os supercondensadores são uma tecnologia que se distingue do convencional condensador pela sua grande capacitância e pelo facto de os seus elétrodo apresentarem uma maior área de superfície, e a camada elétrica entre este e o eletrólito ser mais fina. Os supercondensadores de dupla camada são os que apresentam um menor custo. Durante o processo de carregamento destes, os iões do eletrólito deslocam-se para os elétrodo com carga oposta. A degradação em caso de descarga profunda é mínima, chegando a aguentar 5×10^5 ciclos com profundidade de descarga de 100%. A sua elevada eficiência (85 a 98%) e os rápidos tempos de carregamento e descarga são outras das vantagens desta tecnologia. Apesar de terem uma elevada densidade de potência, apresentam uma baixa densidade energética e os seus custos são ainda muito elevados para a sua comercialização em sistemas industriais [24].

3.4. Baterias elétricas

3.4.1. Princípios sobre baterias elétricas

As baterias elétricas são o produto em estudo na corrente dissertação, não sendo estas em si uma tecnologia mas uma incorporação de várias tecnologias. As baterias têm vindo a evoluir desde a sua invenção em 1800 por Alessandro Volta [30]. Tendo em conta que em “competição” a tecnologia que melhor se adapta vence sobre a “melhor”, os constituintes das baterias fazem com que, passados mais de duzentos anos, as baterias sejam verdadeiras vencedoras já que ainda são um produto com enorme capacidade adaptativa e a sua difusão foi grande em uma vasta série de aplicações que vão desde sistemas estacionários de energia, pequenos aparelhos eletrônicos, veículos convencionais, sistemas de apoio, estando presentes ativamente no dia-a-dia da sociedade. Apesar desta vasta difusão ter tornado esta tecnologia madura em alguns casos, existe ainda um potencial de exploração muito vasto das suas capacidades sendo ainda uma tecnologia em ascensão em algumas aplicações ou na utilização de componentes promissoras.

Atualmente os aparelhos eletrônicos que funcionam com base em energia armazenada recorrem na sua grande maioria a baterias elétricas. Os veículos convencionais também utilizam baterias para arranque dos motores, enquanto os EV's na sua maioria utilizam baterias como motor elétrico. Em aplicações estacionárias de energia o aumento do interesse nas baterias elétricas surge dos desenvolvimentos das baterias no mercado dos EV's e dos produtos eletrônicos, especialmente das baterias de íão-lítio. Existe a expectativa da continuação da redução do seu custo em €/kWh enquanto se aumenta o tempo de vida e o carregamento é aprimorado, o que é essencial para a integração deste tipo de baterias na rede elétrica [31].

Aquilo que usualmente é denominado de bateria é uma associação de duas ou mais células eletroquímicas [32] em série ou paralelo. É recorrente chamar-se também de bateria a uma única célula eletroquímica. Uma célula química é um dispositivo que gera eletricidade através da conversão de energia química em energia elétrica [33]

Cada célula é constituída no mínimo por quatro componentes: dois elétrodo, um eletrólito e um separador. Os materiais que compõem estes componentes podem ser variados. O ânodo é o elétrodo negativo que constitui o agente de redução (oxida-se) e o cátodo, o elétrodo positivo é o agente de oxidação (reduz-se). O eletrólito situa-se entre os dois elétrodos e funciona como meio para que as espécies iónicas se possam movimentar, podendo ser sólido ou aquoso. Durante a descarga os iões formados pela oxidação no ânodo atravessam o eletrólito até chegarem ao cátodo enquanto os eletrões produzidos viajam através de um circuito externo a partir do ânodo originando assim a eletricidade, sendo a carga do circuito a fonte que necessita da energia elétrica da bateria.

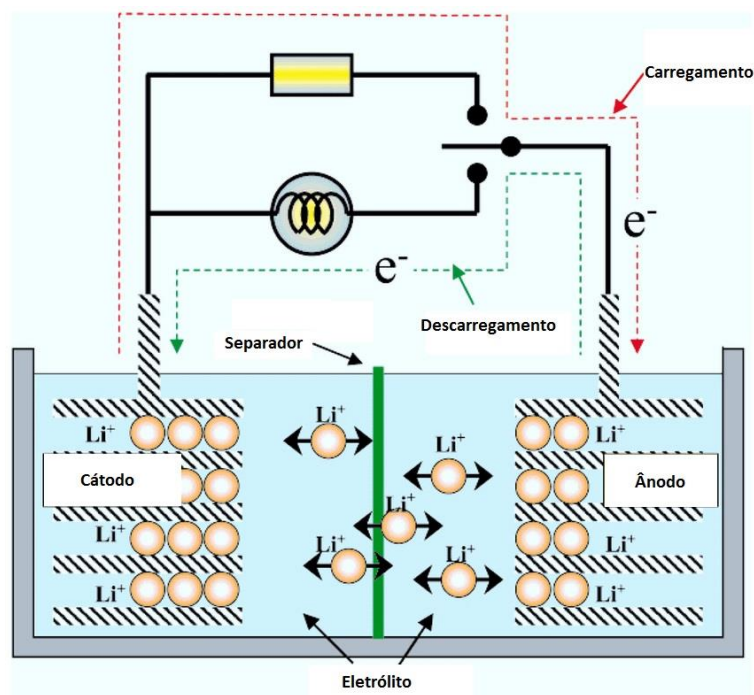


Figura 6 – Esquema de funcionamento de uma bateria de íon-lítio a fornecer carga a um dispositivo. Fonte: [34]

As células podem ser diferenciadas entre primárias ou secundárias. Numa célula ou bateria primária não é possível reverter-se o fenómeno eletroquímico. Estas baterias só podem ser utilizadas uma única vez, até que a alteração da composição do eléctrodo negativo não permita mais o fornecimento de energia eléctrica, como é o caso das pilhas convencionais. Numa célula ou bateria secundária é possível inverter a reacção eletroquímica, recuperando-se assim as composições originais dos eléctrodos aplicando uma tensão externa, que gera uma corrente na direcção oposta à da descarga que faz deslocar os iões do eletrólito para o ânodo. Dessa forma, é possível recarregar a bateria recuperando-se os componentes originais e utilizar a mesma diversas vezes [32, 35].

3.4.2. Tipos de baterias eléctricas

Existem diversos tipos de baterias, cada qual com características variadas. Algumas possuem apenas aplicações muito específicas, enquanto outras são mais versáteis e o seu desenvolvimento passará por se adaptarem de forma mais eficiente a novas aplicações. Existem ainda alguns tipos de baterias que não estão disponíveis comercialmente, mas que se crê terem um elevado potencial. Como tal, é necessário descrever os tipos de baterias que irão ser analisados neste estudo.

Bateria de Chumbo-Ácido (*Lead-acid Battery*) - Este tipo de bateria utiliza dióxido de chumbo como cátodo, ácido sulfúrico como eletrólito e chumbo como ânodo. Começou por ser comercializada em 1890 e é bastante utilizada hoje em dia em aplicações estacionárias e móveis, sendo muito comum a sua utilização como bateria de arranque do automóvel convencional. Devido à sua antiguidade, é uma tecnologia bastante madura e sem custos muito elevados (sendo mais caras as baterias estacionárias do que as de arranque) [4]. Possuem uma eficiência que varia entre 85 a 90% e uma baixa auto descarga [24]. No entanto este tipo de baterias apresenta uma baixa densidade energética [4], um reduzido tempo de vida (5 a 15 anos) e um reduzido número de ciclos de funcionamento (1200-1800) que é afetado negativamente pela temperatura e profundidade de descarga [24]. A sua performance também é negativamente afetada quando se utiliza uma potência

maior, reduzindo a capacidade utilizável da bateria. Existem diversos tipos de baterias de chumbo como por exemplo a bateria selada VRLA – *Valve Regulated Lead Acid* ou SLA – *Sealed Lead Acid* [4].

Bateria de Níquel-Cádmio (*Nickel-Cadmium Battery*) - As baterias de Níquel-Cádmio (NiCd) utilizam hidróxido de níquel e hidróxido de cádmio como eletrodos e uma solução de hidróxido de potássio com hidróxido de lítio como eletrólito. Comparativamente à bateria de ácido-chumbo, esta tecnologia apresenta um período de funcionamento maior, possuindo entre 1500 e 3000 ciclos de funcionamento e um melhor funcionamento a temperaturas reduzidas (conseguem operar satisfatoriamente a temperaturas entre -20°C e -40°C) [4, 24]. Apesar disso, apresentam uma eficiência mais baixa (60-83% conforme o tipo de fabrico), um preço mais elevado e uma maior auto descarga [24]. Outra desvantagem está no impacto ambiental do cádmio, que é bastante tóxico e por esse motivo só podem ser utilizadas em aplicações estacionárias [4].

Baterias de Lítio (*Lithium Battery*): As baterias baseadas em lítio tornaram-se numa importante tecnologia para aplicações não estacionárias, como é o caso de telemóveis, computadores portáteis (possuem cerca de 50% da fatia de mercado em dispositivos portáteis) e veículos elétricos. O tipo mais comum é o das baterias de ião-lítio (*Lithium-ion battery*), que são bastante flexíveis permitindo descargas que vão de horas a semanas [4]. Comparativamente às tecnologias anteriormente descritas, apresentam uma maior densidade energética, uma eficiência superior (entre 90 a 100%) [24]. A sua voltagem também é superior, o que faz com que por exemplo uma bateria de ião-lítio de 3.7 Volt possa substituir três baterias de NiCd com uma voltagem de 1.2 Volt. A introdução deste tipo de tecnologia para aplicações estacionárias necessita de condições mais específicas de embalagem e de um circuito especial de proteção para o caso de ocorrer uma sobrecarga. Estas alterações tornam-se num obstáculo pois fazem subir o custo do armazenamento de energia €/kWh [4]. Outra desvantagem é a instabilidade da bateria de Li-ion a altas temperaturas. No entanto, é uma tecnologia que continua a ter um potencial de desenvolvimento considerável [24]. Outros tipos de baterias de lítio são as de enxofre-lítio.

Baterias de Sódio-Enxofre (*Sodium-sulphur Battery*) – Estas baterias (NaS) usam como eletrodo positivo enxofre e como eletrodo negativo sódio, ambos derretidos. O seu tempo de vida cíclico é de cerca de 4500 ciclos e uma eficiência de 75%. Para manter ambos os eletrodos fundidos a bateria é mantida a temperaturas elevadas, entre 300 e 350°C. Este facto constitui uma desvantagem deste tipo de baterias já que tem de ser utilizada uma fonte de calor, que utiliza energia armazenada na própria bateria. No entanto durante grande parte do tempo a bateria pode funcionar somente com o próprio calor gerado durante o processo de carga e descarga [4]. A sua temperatura operacional e a natureza corrosiva do sódio fazem com que este tipo de bateria só seja utilizada em aplicações estacionárias de larga escala [24].

Bateria de Fluxo (*Flow Battery*) – Uma bateria de fluxo é uma tecnologia promissora recarregável onde a energia é armazenada em espécies eletroactivas que se encontram dissolvidas em eletrólitos líquidos em depósitos externos em vez dos eletrodos, sendo a energia convertida através de processos de redução. A quantidade de energia disponível só está dependente da capacidade do depósito o que faz com que estas baterias sejam uma boa opção para várias aplicações estacionárias. Numa RFB (*Redox-flow Battery*) o eletrólito no eletrodo negativo denomina-se por anólito e o do eletrodo positivo denomina-se por católito e ambos contêm iões de metal dissolvidos. Durante a descarga os eletrodos são alimentados pela solução contida no depósito. O recarregamento dá-se quando se remove o eletrólito descarregado bombeando-o de volta pra o depósito e se substitui por eletrólito carregado [4]. É uma tecnologia com semelhanças à célula de combustível mas reversível como uma célula secundária. Ainda que se discuta atualmente a possível aplicação das RFB para aplicações móveis, a sua densidade energética é ainda demasiado baixa para a sua utilização em veículos elétricos.

Outros tipos de baterias – Existem tipos de baterias que ainda não foram introduzidas no mercado e estão a ser desenvolvidas com vista a sua comercialização. Exemplo disso são as células eletroquímicas de metal-ar (*metal-air battery*) que contêm um ânodo de metal e um cátodo conetado a uma fonte de ar ininterrupta. As baterias deste tipo mais comuns são as de ar-lítio (*Lithium-air*

battery). Este tipo de baterias tem o potencial de se utilizar materiais de baixo custo enquanto fornecem uma densidade energética superior às baterias de chumbo-ácido. Porém ainda não se chegou a um nível satisfatório que permita a sua comercialização [4]. As Baterias de Magnésio (*Magnesium battery*) possuem um potencial elevado, no entanto não existem ainda eletrólitos e cátodos adequados à comercialização desta tecnologia [36].

3.5. Baterias e energias renováveis

Utilizando um cenário onde se têm em conta todas as medidas aplicadas até metade do ano de 2014 e contando também com propostas de políticas ainda em aprovação [1] denominado *New Policies Scenario* estima-se que até 2040 o conjunto de todas as fontes renováveis será o principal recurso primário para a produção de energia elétrica ultrapassando o carvão por volta de 2034 e reduzindo assim a percentagem de eletricidade produzida com combustíveis fósseis.

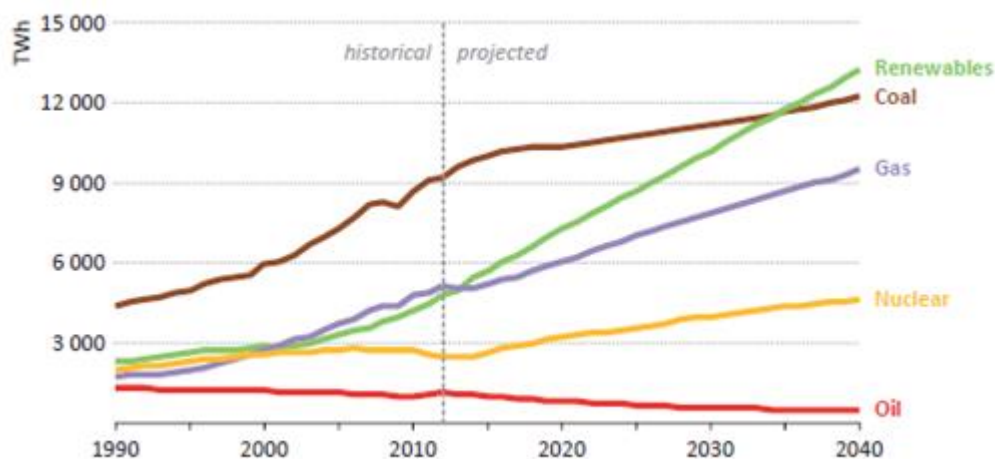


Figura 7 – Estimativa da evolução das fontes de produção de energia no New Policies Scenario [1, p. 215].

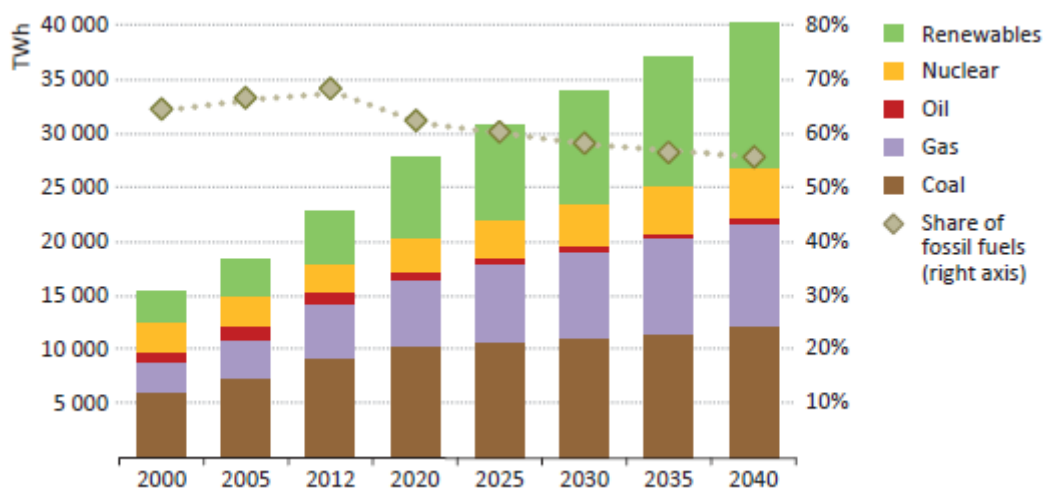


Figura 8 – Estimativa da evolução das fontes de produção de energia no New Policies Scenario [1, p. 216].

Sabendo que uso das fontes renováveis têm vindo a crescer, é importante analisar quais as que têm aumentado mais nos últimos anos, para tal voltou-se a recorrer a dados da IEA para se elaborar as Figuras 7 e 8 que permitem visualizar com maior detalhe estas evoluções. Para os países pertencentes à OCDE, podemos constatar que, em 1990, a energia hídrica dominava completamente na produção renovável de eletricidade, sendo os biocombustíveis a segunda fonte mais utilizada. Embora baseadas num recurso renovável, as centrais hídricas com ou sem albufeira são consideradas fontes convencionais por já serem uma tecnologia mais madura e conhecida, e as primeiras oferecem capacidade de armazenamento e de resposta rápida. No entanto, com o desenvolvimento de outras fontes renováveis a sua percentagem desce de 89% para 64%, isto apesar de ter existido um aumento de capacidade hídrica instalada. A energia eólica destaca-se em segundo lugar, enquanto a energia solar fotovoltaica e os biocombustíveis apresentam já cotas de mercado bastante representativas.

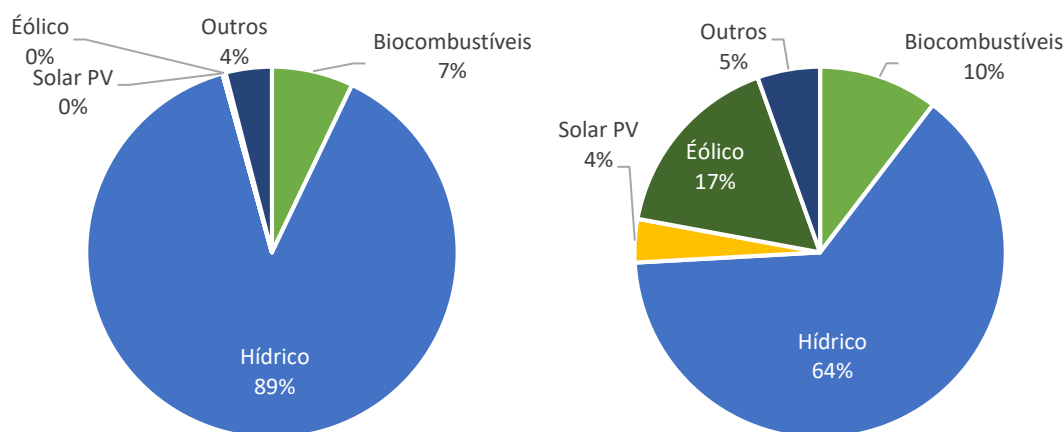


Figura 9 – Distribuição das fontes renováveis para produção de eletricidade na OCDE em 1990 (lado esquerdo) e em 2012 (lado direito)

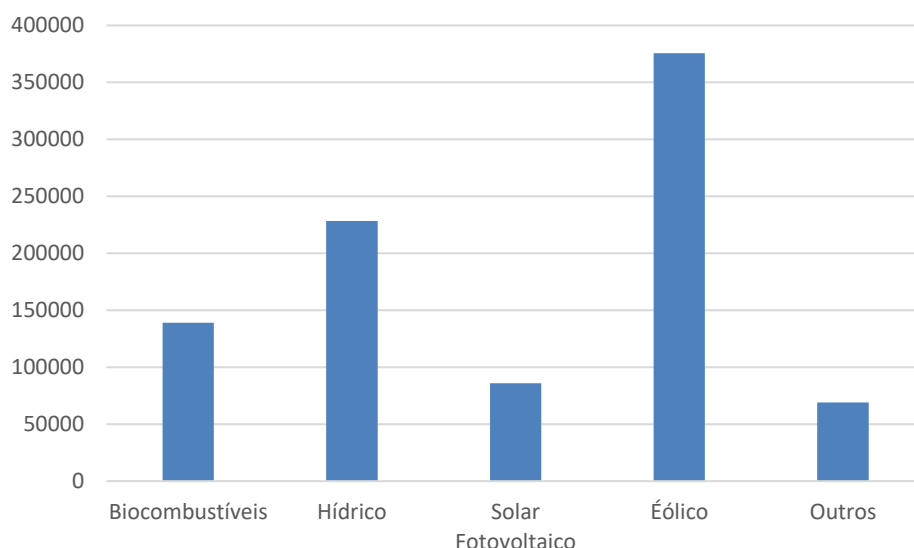


Figura 10 – Crescimento da eletricidade renovável em GWh na OCDE entre 1990 e 2012.

De acordo com o *New Policies Scenario* [1], estima-se que a potência eólica instalada durante o período 2012-2020 seja similar à da energia hídrica, e irá supera-la no período 2020-2030, mesmo que se estime que exista um ligeiro decréscimo da potência eólica instalada durante o período 2030-

2040. Para o PV prevê-se que durante o período de 2012-2020 a potência instalada seja quatro vezes superior à potência instalada durante o período 2000-2012, mantendo-se esse ritmo de crescimento nos anos seguintes.

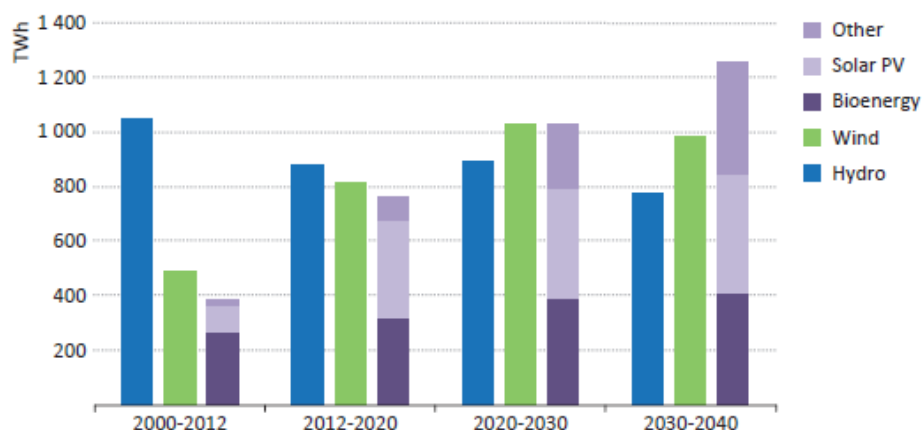


Figura 11 – Aumento incremental da produção mundial de eletricidade renovável por fonte do *New Policies Scenario*.
Fonte: [1, p. 247]

Porém, conforme a fração de PV no *mix* energético cresce, torna-se necessário implementar medidas adicionais para manter a estabilidade da rede elétrica, tais como investimentos em tecnologias de armazenamento, programas de gestão de rede e interconexões de redes de transmissão [1]. É importante referir que a fiabilidade dos sistemas que funcionam exclusivamente através de produção renovável não despachável, depende muito da velocidade a que se desenvolvam as tecnologias associadas ao armazenamento de energia, e às baterias elétricas em particular.

Sendo que o PV pode funcionar ligado à rede (*on-grid*) ou desligado desta (*off-grid*), o desenvolvimento de capacidades energéticas das baterias e a redução de custos vai também desenvolver bastante os sistemas *off-grid* que são úteis em regiões remotas.

3.6. Baterias e veículos elétricos

Nos países da OCDE, o setor dos transportes é dominado por fontes fósseis, nomeadamente o petróleo já que a maioria dos veículos em circulação funcionam a derivados do mesmo como a gasolina e o gasóleo. O utilizador deste tipo de veículos convencionais está habituado a níveis de autonomia muitos elevados e a uma estrutura de carregamento de combustíveis amplamente distribuída

A aposta na mobilidade elétrica tem sido uma realidade nos últimos anos, apesar de a sua propagação ser ainda lenta. A entrada em cena atores chave nos últimos anos como a Tesla tem vindo a trazer confiança e atenção para este tipo de veículos. Porém a sua difusão está dependente do desenvolvimento de baterias que permitam uma maior autonomia. O estabelecimento de um número considerável de postos de carregamento elétrico das baterias é essencial para determinados veículos elétricos. As diferentes categorias de EV's podem ser consultadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Características dos veículos elétricos. Fonte: [37, 38]:

Tipo de EV	Descrição
HEV (<i>hybrid electric vehicle</i> – veículo elétrico híbrido)	Os HEV's utilizam um dispositivo de combustão interna alimentado por combustíveis fósseis ou biocombustíveis e um motor elétrico cuja eletricidade é fornecida por uma bateria. Esta é carregada através da energia cinética durante momentos de travagem ou redução de velocidade (travagem regenerativa) e pelo motor de combustão. A potência extra fornecida pelo motor elétrico permite uma poupança considerável de combustível e é o único modelo de veículo elétrico completamente independente de uma aposta em infraestruturas de carregamento, já que utilizam as infraestruturas convencionais. O seu funcionamento é mais barato, pois utilizam menores quantidades de combustível do que o dos veículos convencionais e têm menos emissões de CO ₂ .
PHEV (<i>plug-in hybrid electric vehicle</i> – veículo elétrico híbrido <i>plug-in</i>)	Este tipo de EV's utiliza uma bateria de maior capacidade de armazenamento do que os HEV's fazendo com que esta não seja apenas carregada pelo dispositivo de combustão interna mas também através de uma fonte elétrica. Isto possibilita uma maior autonomia, de modo a que o veículo possa circular somente a energia elétrica, quando a bateria é carregada através de uma fonte elétrica ou um funcionamento semelhante ao dos HEV's, quando apenas se utiliza o dispositivo de combustão interna para o carregamento ou para funcionamento do veículo quando a energia elétrica se esgota. Este tipo de veículo permite poupar cerca de 50% de combustível relativamente a um veículo convencional semelhante e o fato de se poder carregar via combustível ou fonte elétrica dá uma maior autonomia de gestão ao proprietário/conductor. As emissões de CO ₂ e consumo de combustível são mais reduzidas do que para os HEV's.
BEV (<i>battery electric vehicle</i> – veículo elétrico de bateria ou veículo totalmente elétrico)	Este modelo de EV's coloca o motor elétrico em funcionamento apenas com uma bateria, e o seu "abastecimento" baseia-se exclusivamente numa fonte de carregamento elétrico. Não tem emissões de CO ₂ associadas ao seu funcionamento, porém dependendo da fonte primária que produz a eletricidade utilizada, a sua utilização poderá ter emissões de CO ₂ associadas. Os motores apresentam eficiências maiores que os motores de combustão interna, com números a rondar os 90% comparados com 30-45% para os motores de combustão interna, mas a sua proliferação está mais dependente da existência de postos de carregamento do que os restantes tipos de EV's. O seu funcionamento é também mais económico do que os veículos movidos a motor de combustão interna, na medida que não necessitam de utilizar qualquer combustível.

Os veículos elétricos têm ainda vários desafios na sua frente para aumentarem a sua taxa de propagação. Apesar do seu funcionamento ser mais económico e ecológico, o preço de compra ainda é significativamente elevado, e muitos dos modelos são considerados carros de luxo. A infraestrutura de carregamento necessita ainda de ser consolidada sendo essencial ao sucesso dos BEV's e PHEV's. No entanto, o talvez mais importante fator seja as baterias. A autonomia destas ainda não permite alcançar grandes distâncias, sendo que a maior parte dos modelos BEV tem alcances de cerca de 120 Km com a bateria totalmente carregada. Além disso, representam cerca de 30% do custo do veículo elétrico e a redução dos preços destas permitiria tornar o carro elétrico num produto acessível à maior parte dos consumidores. Segundo o relatório do WEO de 2014, o preço e capacidade das baterias é mesmo apontado como um dos fatores essenciais para existir uma rápida propagação dos EV's, assim como a continuação da expansão das infraestruturas de carregamento e a introdução de medidas que tragam confiança aos produtores. O futuro dos veículos elétricos é ainda muito incerto. Porém, um impulso nas tecnologias associadas às baterias e métodos de carregamento revolucionaria o setor dos transportes a longo prazo [1].

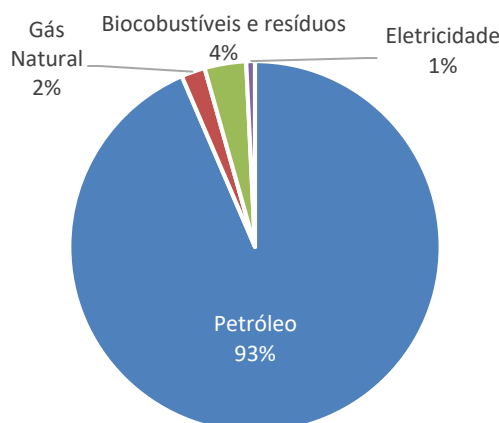


Figura 12 – Consumo por fonte no setor dos transportes na OCDE em 2012 construído com base em dados da fonte [21].

3.7. Relacionando armazenamento, baterias elétricas, rede elétrica, mobilidade elétrica e energia renovável

A importância das baterias para o armazenamento de eletricidade de origem renovável não se baseia exclusivamente na introdução de baterias em locais ou sistemas com produção renovável para armazenamento e posterior utilização ou em caso *on-grid* fornecimento direto à rede elétrica.

A disseminação do veículo elétrico poderá trazer importantes modificações na estrutura do sistema electroprodutor. Ao conectar a bateria de um EV à rede para ser carregada, podemos visualizá-la como uma carga controlável e a este modo de operação designa-se como G2V (*grid to vehicle*). No entanto, a bateria também poderá fornecer a energia nela contida à rede, sendo assim uma fonte distribuída de armazenamento e este modelo de utilização designa-se por V2G (*vehicle to grid*). Quanto maior o número de EV's, maior a capacidade de armazenamento distribuído, podendo este ganhar grande importância para a rede elétrica. A isto junta-se o conceito de *smart grid*, que pode ser definido como uma rede que utiliza tecnologia digital ou outros tipos de tecnologia avançada para monitorizar e gerir o transporte de eletricidade de todas as fontes de geração de forma a satisfazer a procura variável de energia elétrica por parte do consumidor final [39]

Uma *smart grid* possui um sistema de comunicação mais efetivo do que as redes atuais e permite uma maior partilha de informação, tornando-se assim essencial para a eletrificação no setor dos transportes, podendo assim ser considerada parte essencial da estrutura deste setor. Isto porque, conforme aumenta o número de veículos elétricos em circulação, aumenta também o impacto sobre o sistema electroprodutor, principalmente em períodos de pico de consumo. As redes inteligentes poderiam ajudar a organizar os períodos de carregamento de modo a minimizar a pressão no sistema electroprodutor que haverá caso exista um elevado número de EV's a serem carregados em determinado horário [6], minimizando assim possíveis necessidades de aumento de potência de produção elétrica instalada. Este tipo de redes também organizaria mais eficazmente o modo como as baterias funcionariam como armazenamento distribuído, usando a carga contida nas baterias para fornecimento de eletricidade. Isto possibilitaria, por exemplo, fornecimento de energia à rede durante os períodos de pico quando a produção elétrica está mais cara e aliviar o sistema electroprodutor e o carregamento durante o período noturno quando a eletricidade é mais barata, podendo-se também aproveitar excedente eólico ou em qualquer período onde exista um aumento de produção associado à intermitência renovável e minimizar o preço para o consumidor [6]. Sendo que os veículos em média estão 95% do tempo parados [40], estes oferecem um enorme potencial a uma *smart grid* desenvolvida.

No entanto, ainda é necessário desenvolvimento quer a nível de baterias quer a nível das redes inteligentes. Para tal, os governos necessitam de apostar em políticas de incentivo e investimento em I&D consistentes ao longo do tempo [39]. De salientar que a otimização do armazenamento elétrico depende das *smart grids* mas também é peça fundamental das mesmas, já que as redes inteligentes necessitam de uma determinada quantidade de energia armazenada para uma melhor gestão da rede, na qual as baterias são peças-chave.

Como tal, o desenvolvimento das tecnologias relacionadas com as baterias, poderão trazer não só capacidade de armazenamento a preços competitivos para o armazenamento do excedente elétrico, quer seja de forma distribuída na rede, quer em centrais, como ajudar na mitigação dos impactos ambientais relacionados com a utilização da energia.

Capítulo 4 – Metodologia

4.1. Introdução

As baterias elétricas ao longo dos anos apresentaram uma difusão vasta e, como referido anteriormente, podem ser encontradas em diferentes sistemas e aparelhos. Esta adaptabilidade das baterias como forma de armazenamento elétrico origina que estas tenham características variadas e, como tal, é importante definir e limitar o objeto de estudo.

Nesta dissertação o objetivo é numa primeira fase ter uma visão do panorama geral da evolução tecnológica das baterias no seu todo, numa segunda fase estudar a evolução temporal dos diversos tipos de baterias e na terceira fase concentrar o estudo das baterias em aplicações renováveis (no caso a energia solar fotovoltaica e eólica), mobilidade elétrica e redes inteligentes.

Nos últimos anos, motivado pela necessidade de se compreender melhor a evolução de atividades tecnológicas aliado ao desenvolvimento das tecnologias de informação [41], existe hoje um forte acervo bibliográfico sobre abordagens para se realizar uma análise deste tipo. Através da consulta bibliográfica sobre o tema, foi possível definir uma metodologia para o estudo empírico da inovação tecnológica na área das baterias elétricas, da forma como o objeto de estudo foi definido, identificando-se componentes-chave da tecnologia e algumas das suas aplicações.

Recorreu-se à utilização de indicadores da atividade de inovação nas baterias e através destes caracterizou-se o conhecimento originado identificando as áreas de atividade, localização geográfica, distribuição temporal, evolução dos diferentes componentes tecnológicos das baterias, entre outros [18, 41, 42, 43, 44]. De salientar que apesar da vasta bibliografia existente sobre abordagens e metodologias possíveis, não é possível estabelecer um método sem falhas e de métricas diretas, devido à natureza complexa da inovação que a torna sempre diferente e mutável no tempo, sendo multidimensional e fazendo com que não seja possível estimar indicadores para todos os processos que geram novo conhecimento, além de existirem sempre problemas associados à medição de fenómenos qualitativamente diferentes [45].

4.2. Indicadores de inovação

Num estudo de inovação tecnológica, existem vários indicadores que podem ser utilizados, cada um apresentando características diferentes. É bastante usual a consulta de dados de I&D quer a nível das empresas quer a nível governamental, e utilizar-se a intensidade de I&D que se traduz na divisão das despesas de I&D por uma métrica de *output*, enquanto indicador (por exemplo o rácio das despesas de I&D pelas vendas, no caso de uma empresa) [45]. Sendo uma métrica mais indicada para atividade tecnológica relacionada com ciência como é o caso engenharia eletrónica e química [41, 44] e representa o esforço em gerar novo conhecimento. Apesar de ser um indicador valioso, apresenta a desvantagem de cobrir de modo incompleto a atividade em empresas de menor dimensão e a inovação relacionada com a produção (da classe mecânica) ou informação de processamento, além de cobrir apenas o *input*.

Outros tipos de indicadores existentes são os artigos científicos ou indicadores associados à propriedade intelectual como patentes de invenção e marcas, sendo estas ferramentas competitivas essenciais em indústrias inovadoras [46]. Considerou-se a escolha de patentes de invenção como o indicador mais eficaz já que pressupõe a posse de conhecimento de valor comercial, o que não acontece relativamente a artigos científicos. As marcas apresentam a desvantagem de não serem adequadas para a identificação de inovações de processo [47], além de que o sistema de classificação de patentes oferecer maior dinâmica ao estudo permitindo, por exemplo, diferenciar quais as

componentes da bateria onde foi incidida atividade inventiva (nos elétrodos mas não nos eletrólitos por exemplo).

4.2.1. Patentes enquanto indicador de inovação

Apesar de as patentes terem sido inventadas em 1477, na República de Veneza [48], só em 1966 é introduzida a análise moderna de patentes enquanto indicador tecnológico, abordada pela primeira vez por J. Schmookler [41]. Segundo o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), uma patente de invenção deve induzir novidade por não estar compreendida no estado da técnica, ao mesmo tempo que essa invenção não resulta de uma forma evidente do estado da técnica para um perito da especialidade (atividade inventiva) e deve apresentar uma aplicabilidade industrial de forma a poder ser fabricado em qualquer tipo de indústria [49].

As patentes são assim um subproduto da atividade económica e fornecem ao seu titular um monopólio de mercado nas zonas geográficas protegidas pela patente durante um determinado período de tempo, além de impedirem que outros possam patentear a mesma atividade inventiva e aplicação industrial [50]. Ao restringir ao aplicante os direitos de utilização este obtém uma enorme vantagem competitiva em relação à concorrência, o que torna as patentes um estímulo de criação de conhecimento. Ainda que uma patente não seja concedida, um pedido de patente demonstra a intencionalidade de se comercializar e numa análise estatística é também importante. No entanto, nem toda a criação de conhecimento é patenteável como é o caso do *software*. Também se deve ter em conta que as regras e incentivos ao patenteamento divergem de país para país e que muitas empresas optam por não patentear as suas invenções como é o caso da fórmula da Coca-Cola onde a The Coca-Cola Company optou pelo segredo industrial para proteger a sua invenção [51].

Ainda que as patentes se refiram a invenções e não à inovação, parte-se do pressuposto que existe uma intenção de comercialização das invenções e, como tal, são indicadores de inovação, havendo um valor economicamente útil associado, além de obrigar ao pagamento de licenças (ou sanções) à concorrência caso queiram comercializar a invenção.

O elevado número de registo de patentes hoje em dia obriga a que a informação tenha de ser armazenada de forma organizada, de forma a se facilitar a sua consulta. Existem diversos sistemas de classificação de patentes como é o caso do IPC (*International Patent Classification*), USPC (*United States Patent Classification*), CPC (*Cooperative Patent Classification*) desenvolvida conjuntamente pelo *European Patent Office* (EPO) e o *United States Patent and Trademark Office*, que substituiu a *European Classification* (ECLA), os sistemas japoneses FI (*File-Index*) e FT (*F-term*) entre outros.

4.2.2. Fontes de informação sobre patentes

Existem diversas bases de dados das quais algumas delas são gratuitas como o Patentscope, Esp@cenet, Google Patents entre outras [52, 53, 54]. Para a construção de uma base de dados, tornou-se necessário optar por um destes serviços de busca. Ainda que o Esp@cenet (gerido pelo EPO) seja uma ferramenta útil e cubra um número relativamente maior de patentes, foi sugerido por um membro do INPI que a melhor opção seria a utilização do Patentscope (gerida pela WIPO – World Intellectual Property Organization) pois a exportação de dados do Esp@cenet é significativamente mais limitado (apenas 500 registos de patente enquanto o Patentscope permite a exportação de 10000 registos), além de providenciar uma análise estatística imediata sendo que estes dois fatores são muito úteis para o trabalho em questão, tendo em conta o elevado número de patentes com que se irá lidar. O Esp@cenet também publica por vezes mais de um registo por invenção (aplicação de patente e patente garantida) e, portanto, o número de registos identificados nas buscas não é igual ao número de registos real [55]. Sendo que o Patentscope não utiliza o CPC, será exclusivamente utilizada a

classificação IPC com exceção da análise do patenteamento de baterias associadas a redes inteligentes, discutida em maior detalhe no subcapítulo 4.5.3.

O acesso *online* ao Patentscope utilizado para a construção da base de dados pode ser encontrado na seguinte referência [56].

O IPC utiliza um sistema de classificação baseado em códigos com símbolos associados hierarquizados de modo a diferenciar as tecnologias e conforme se desce na hierarquia maior é a especificidade. A ordem dessa hierarquia denomina-se por secção, classe, subclasse, grupo e, por fim, símbolo completo de classificação [57]. Durante a pesquisa realizada, por cada componente tecnológico das baterias elétricas, pesquisar-se-á de acordo com o código classificativa correspondente, impossibilitando que apareçam resultados não relacionados com a tecnologia pretendida (enquanto produto define-se bateria elétrica ou sistemas que utilizem baterias elétricas como várias tecnologias associadas e não uma tecnologia isolada). Uma patente poderá cobrir diversos códigos de classificação envolvendo até várias indústrias. Embora existam críticas que apontem este facto como uma fraqueza do indicador, na realidade, isto traduz-se em peças de informação valiosas para se obter um padrão relacionado com a multi-aplicação da tecnologia [41] e será uma informação de elevado valor na corrente análise de evolução tecnológica.

Para se poder comparar a evolução temporal do patenteamento foram apenas seleccionadas patentes publicadas entre 2005 e 2014 em todas as análises. De notar que as patentes 2014 ainda não estavam todas publicadas no período da extração da base de dados (Outubro de 2015) devido ao período de tempo decorrido entre o momento em que o aplicante faz o pedido de patente e a sua publicação, que pode ser de um ano e meio no máximo. Esse impacto é bastante visível em todas as bases de dados para o ano 2014, mas é algo perfeitamente normal dada a data em que foram construídas. As flutuações para esse ano serão muitas vezes ignoradas na análise, a menos que façam antever um resultado final diferente da tendência em que vem inserido.

4.3. Classificação tecnológica

4.3.1. Componentes das baterias elétricas

Para a classificação tecnológica das baterias elétricas, o código da subclasse do IPC associada a estas é o H01M, que representa as patentes associadas à conversão direta de energia química em energia elétrica, sendo que o H representa a seção da eletricidade e a classe H01 se refere a elementos elétricos básicos. No entanto, proceder à recolha de informação apenas com esta subclasse não permitiria analisar com tanto detalhe vários elementos fundamentais das baterias elétricas.

Como explicado anteriormente elas são constituídas por componentes entre os quais elétrodos, eletrólitos, membranas separadoras, entre outros possíveis componentes. Estes constituintes agrupam-se de modo a formarem as células que em conjunto formam as baterias. Existem grupos da subclasse H01M que dedicam toda a sua secção a uma dessas componentes das baterias, e como tal analisar-se-á o patenteamento das componentes e da célula secundária separadamente, ou seja, analisar-se-á as etapas que contribuem para a bateria enquanto produto final.

Cada etapa analisada apresenta diferentes códigos dentro da mesma subclasse. Os códigos correspondentes a uma foram identificados através da documentação da WIPO [58]. Assim sendo, os grupos de patenteamento associados às baterias dividem-se em três etapas: componentes não ativos, elétrodos e células secundárias. Analisando os grupos pertencentes à subclasse H01M, o código que representa as componentes não ativas é o H01M 2 (detalhes construtivos ou produção de componentes não ativos), dos elétrodos o H01M 4 (elétrodos) e das células das baterias o H01M 10 (células secundárias), que deram origem pesquisas 1, 2 e 3 respetivamente. Os grupos H01M 2, H01M 4 e H01M 10 representam assim os elementos do conjunto de códigos constituintes das baterias elétricas da subclasse H01M.

De salientar que os materiais constituintes dos componentes da célula são produtos “naturais” e não inventivos não são passíveis de se patentear (apenas processos de extração) como é o exemplo do lítio [43] e como tal serão ignorados na corrente análise. Também de referir que a ausência dos eletrólitos, por exemplo, deve-se ao facto de estes não possuírem uma classe, subclasse ou grupo específico isolado, possuindo subgrupos espalhados nas classificativas anteriormente descritas.

Em todas as pesquisas efetuadas certificámo-nos de que estavam excluídas patentes que possuísem também subclasses de células primárias (H01M 6), *fuel cells* (H01M 8), células híbridas (H01M 12) outros geradores de corrente/voltagem eletroquímicos não listados em códigos anteriores (H01M 14) ou combinações estruturais de diferentes tipos de geradores eletroquímicos (H01M 16). O objetivo é impedir que, por exemplo, patentes que incluam simultaneamente a classificação de elétrodos (H01M 4) e pilhas de combustível (H01M 8) apareçam na base de dados. Desta forma as bases de dados ficam com patentes exclusivas às etapas de um sistema de baterias (para os casos que contenham H01M 10, H01M 4 ou H01M 2) ou armazenamento eletroquímico em geral (H01M 4 ou H01M 2). Tal foi feito utilizando operadores booleanos que excluíssem especificamente isto códigos da pesquisa.

Posteriormente foram realizadas mais quatro extrações de dados. Estas contêm informação sobre as patentes que incluem mais do que um elemento do conjunto de elementos das baterias. A pesquisa 4 corresponde a patentes que cobrem simultaneamente detalhes construtivos de partes não ativas e elétrodos (H01M 2 e H01M 4), a pesquisa 5 corresponde às patentes que cobrem simultaneamente componentes não ativas e células secundárias (H01M 2 e H01M 10), a pesquisa 6 corresponde a patentes que cobrem elétrodos e células secundárias (H01M 4 e H01M 10) e a pesquisa 7 corresponde a patentes que contenham os três passos da cadeia (H01M 2, H01M 4 e H01M 10). Desta forma o objeto de estudo foi completamente identificado e isolado.

De notar que ao extrair os resultados da pesquisa, por vezes são gerados alguns erros. Algumas patentes cujos códigos foram excluídos da pesquisa aparecem na base de dados. Por exemplo, na pesquisa referente a componentes não ativas aparece um reduzido número de patentes com o código referentes aos elétrodos. Este erro poderá estar associado a uma falha do motor de pesquisa, ou ao facto de algumas patentes terem tido sido associadas a novos códigos, vários anos após a sua publicação. Como tal, após a extração da base de dados, as pesquisas passaram por uma filtragem de modo a serem eliminadas patentes que não correspondam ao critério da pesquisa correspondente, ainda que o número final de patentes não se altere significativamente. O número de patentes incluídas em cada pesquisa, antes e após a filtragem é apresentado na Tabela 4. Desta forma o objeto de estudo foi completamente identificado.

Para se realizar a análise do carregamento, foi necessária efetuar a pesquisa 8, já que esta possui dois códigos à parte. O principal código para este tipo de patentes é o H02J 7. A subclasse H02J contém patentes de sistemas de fornecimento ou distribuição de energia elétrica ou sistemas de armazenamento elétrico e o grupo H02J 7 contém as patentes associadas ao carregamento de baterias elétricas e de extração de carga de baterias. O grupo H02J 3 diz respeito a conjunções para balancear a carga na rede através do armazenamento de energia, e o subgrupo H02J 3/32 refere-se exclusivamente às baterias como forma desse armazenamento.

De salientar que nenhuma patente aparece simultaneamente em mais do que uma pesquisa com exceção da 8, já que a carga/descarga das baterias foi analisada à parte. Também foi realizada uma análise às principais subclasses presentes nas pesquisas do conjunto de códigos associados às baterias elétricas. A sua descrição pode ser consultada na Tabela 5.

Tabela 4 – Análises dos elementos das baterias

Etapa(s) da conjunto de códigos	Nº da Pesquisa	Nº patentes contabilizadas pelo Patentscope	Nº de patentes final na pesquisa
Componentes não ativas	1	28869	27959
Eléttrodo	2	26467	25866
Células Secundárias	3	33923	33682
Componentes não ativas e eléctrodo	4	1283	1179
Componentes não ativas e células secundárias	5	15078	15035
Eléttrodo e células secundárias	6	18517	18474
Componentes não ativas, eléctrodo e células secundárias	7	4281	4279
Carregamento	8	54174	54174

Cada patente extraída através do Patentscope contém a seguinte informação: número de publicação, data de publicação, título, prioridade, código(s) de IPC, quem fez o pedido de patente, inventor e por vezes uma imagem. Através destas informações é possível estudar a evolução temporal do patenteamento, identificação das principais subclasses patenteadas (além da H01M) e identificação dos principais patenteadores (incluindo companhias, setores, e países). Através das classificações de subgrupo dos códigos do IPC, também foi possível caracterizar o tipo de inovação das baterias, contabilizando as patentes cujos códigos digam respeito à construção ou produção e também contabilização de patentes de componentes essenciais das baterias.

Tabela 5 – Principais subclasses das várias etapas do conjunto de códigos.

Subclasse do IPC	Descrição
C01B	Elementos não metálicos e compostos derivados
C01G	Componentes contendo metais não cobertos pelas subclasses C01D ou C01F
C08J	Processos gerais de combinação; Pós-tratamento não coberto pelas subclasses C08B, C08C, C08F, C08G ou C08H
C22C	Ligas
H01G	Condensadores, circuitos retificadores, detetores, interruptores, aparelhos sensíveis à luz ou temperatura do tipo eletrolítico
H01R	Conexões entre condutores elétricos; Associações estruturais de uma pluralidade de elementos mutualmente isolados da instalação elétrica; Dispositivos de acoplamento; Coletores de corrente
H02J	Sistemas de fornecimento ou distribuição de energia elétrica ou sistemas de armazenamento elétrico
G01R	Medição de variáveis magnéticas ou elétricas
B01J	Processos químicos ou físicos
B05D	Processos para a aplicação de líquidos ou fluídos a superfícies
B23K	Soldagem; Corte através de calor (por exemplo corte de chama); Trabalho através de laser
B32B	Produtos por camada, ou seja, produtos construídos através de camadas lisas ou não-lisas
B60K	Montagem de unidades de propulsão ou de transmissões em veículos; Montagem plural de diversos motores em veículos; Transmissões auxiliares para veículos; Instrumentação ou painéis para veículos; Ligações de conexão com refrigeração, entrada de ar, gases de escape ou alimentação de combustível de unidades de propulsão em veículos
B60L	Propulsão para veículos de propulsão elétrica; Fornecimento de energia elétrica para o equipamento auxiliar de veículos de propulsão elétrica; Travagem eletrodinâmica para veículos em geral; Suspensão magnética ou levitação para veículos; Monitorização de variáveis de funcionamento de veículos de propulsão elétrica; Dispositivos de segurança elétrica para veículos de propulsão elétrica

4.3.2. Tipos de baterias

Tendo em conta o objetivo de analisar a inovação tecnológica de diversos tipos de baterias, foram efetuadas novas pesquisas para a bases de dados. Em termos de códigos do IPC, foram pesquisadas em simultâneo todas as etapas do conjunto de códigos para cada tipo de bateria, mas voltando a excluir-se os códigos da subclasse H01M que não pertençam a esta mesma cadeia.

No entanto, cada consulta de pesquisa juntou-se aos códigos de IPC do conjunto de códigos palavras-chave do “*front page*” de cada patente, ou seja, o resumo da patente. Por exemplo, para as baterias de ácido-chumbo pesquisaram-se patentes com os códigos H01M 2, H01M 4 ou H01M 10 e que contenham no resumo as palavras “*Lead acid*” ou “*lead-acid*” ou “VRLA” ou “SLA”. Tal foi feito novamente recorrendo a operados booleanos.

Desta forma efetuaram-se pesquisas para baterias de ião-lítio, ar-lítio, lítio-enxofre, ião-magnésio, níquel-cádmio e sódio-enxofre. De notar que no caso das baterias de ar-lítio a pesquisa das palavras-chave foi aplicada ao título da patente e não ao resumo. Caso contrário, a palavra “*air*” iria dar origem a muitos resultados que não corresponderiam ao caso concreto da bateria de ar-lítio. Também foi feita uma pesquisa para as baterias de fluxo, ainda que estas não sejam verdadeiramente baterias ou pilhas de combustível. Devido ao facto desta tecnologia pertencer ao subgrupo H01M 8/18, que está dentro da subclasse da pilha de combustível, também foi incluído o código H01M 8. Foi feita também uma pesquisa contendo simplesmente a palavra “*Lithium*” no resumo da patente pois considerou-se pertinente fazer essa análise após a observação dos resultados.

4.3.3. Baterias elétricas e energia solar fotovoltaica / eólica

Na análise do patenteamento de baterias para aplicações renováveis, o estudo centrou-se na energia solar fotovoltaica e na energia eólica. Como tal, para os dois casos, utilizou-se na pesquisa patentes que contenham os códigos H01M 2, H01M 4, ou H01M 10, suprimindo novamente os restantes grupos da subclasse H01M.

No caso fotovoltaico, as patentes também teriam de conter um dos vários conjuntos de códigos associados a esta tecnologia sendo estes H01L 27/142 (dispositivos de conversão energética associados a módulos fotovoltaicos), H01L 31/02, H01L 31/0248 e H01L 31/04 (representando respetivamente: detalhes; características do semicondutor; adaptações como dispositivos conversores fotovoltaicos, em relação ao H01L 31 que tem como descrição: dispositivos semicondutores sensíveis à radiação infravermelha, luz, radiação eletromagnética de comprimento de onda mais curto, ou radiação corpuscular, especialmente adaptado, quer para a conversão da energia de tal radiação em energia elétrica ou para o controlo de energia elétrica através dessa mesma radiação; processos ou dispositivos especialmente adaptados para o fabrico ou tratamento do mesmo; Detalhes), H01G 9/20 (dispositivos sensíveis à luz, sendo que H01G 9 se refere a condensadores, circuitos retificadores, detetores, interruptores, aparelhos sensíveis à luz ou temperatura do tipo eletrolítico), H02N 6/00 (Geradores em que a radiação da luz é convertida diretamente em energia elétrica (conjuntos de células solares)), H01L 25/00 (conjuntos de semicondutores individuais ou outros dispositivos em estado sólido), H01L 27/30 (componentes que usam material orgânico como parte ativa, onde esses componentes estão especialmente adaptados para a deteção de radiação infravermelha, luz, radiação eletromagnética de comprimento de onda mais curto ou radiação corpuscular; com componentes especialmente adaptados quer para a conversão da energia de tal radiação em energia elétrica ou para o controlo de energia elétrica através dessa mesma radiação) ou H01M 14 (geradores eletroquímicos não providenciados nos códigos H01M 6/00 – H01M 12/00) e H01L 31/00 (dispositivos semicondutores sensíveis à radiação infravermelha, luz, radiação eletromagnética de comprimento de onda mais curto, ou radiação corpuscular, especialmente adaptado, quer para a conversão da energia de tal radiação em energia elétrica ou para o controlo de energia elétrica através dessa mesma radiação; processos ou dispositivos especialmente adaptados para o fabrico ou tratamento do mesmo; Detalhes) negando H01L 31/08, H01L 31/12, H01L 31/18, já que estes subgrupos não estão relacionados com a temática em estudo. Estes códigos são sugeridos pelo WIPO [59] para a tecnologia fotovoltaica. Foram escolhidos grupos e subgrupos associados à utilização final desta tecnologia. Também para a análise fotovoltaica foi utilizada a pesquisa 8, já que o subgrupo H02J 7/35 refere-se ao carregamento/extração de carga de baterias através do PV.

No caso da energia eólica a abordagem foi semelhante à anterior, associando-se ao conjunto de códigos das baterias aos códigos F03D (motores de vento) e H02K 7/18 (associações estruturais de geradores elétricos com motores mecânicos, por exemplo, turbinas) [59]. No entanto, não existe um código de patenteamento que permita estudar o carregamento através da energia eólica.

4.3.4. Baterias elétricas e mobilidade elétrica

Na análise do patenteamento das baterias para o veículo elétrico foram efetuadas seis consultas de pesquisa para seis análises distintas, cruzando novamente um dos códigos do conjunto de códigos com um tópico específico associado à mobilidade elétrica. Numa pesquisa utilizou-se o código B60K 6 que é referente a veículos híbridos e veículos híbridos elétricos e noutra pesquisa utilizou-se o código B60L 11, que se refere ao veículo elétrico.

As restantes pesquisas têm como objetivo identificar a relação das baterias com os códigos de componentes deste tipo de veículos, como a travagem regenerativa (B60L 7/10), sistemas de controlo para veículos híbridos (B60W 20), controlo de unidades de propulsão (B60W 10/04) e controlo do armazenamento de energia (B60W 10/26). Também se utilizou a pesquisa 8 da primeira fase desta dissertação para se contabilizarem quantas patentes do carregamento/utilização de carga das baterias continham os códigos do veículo elétrico (B60L 11) do veículo híbrido (B60K 6).

4.3.5. Baterias elétricas e redes inteligentes

Para esta análise foi escolhida a ferramenta do Esp@cenet ao invés do Patentscope para se proceder à extração de informação. Isto acontece por o IPC não conter nenhum código associado a *smart grids*. No caso do CPC, existe a subclasse Y04S que diz respeito especificamente às redes inteligentes (Sistemas integrando tecnologias relacionadas com uma rede de operação, comunicação ou tecnologias de informação para melhorar a produção elétrica, transmissão, distribuição, gestão ou utilização, ou seja, redes inteligentes). Estando identificado o código, procedeu-se à pesquisa utilizando o mesmo critério do patenteamento conter pelo menos uma etapa do conjunto de códigos das baterias elétricas através da classificação IPC, e o código Y04S do CPC. De salientar que isto apenas foi possível devido ao número de patentes obtidas através desta pesquisa ser reduzido.

4.4. Empresas e setores

Grande parte da análise da primeira fase assentará no patenteamento em baterias elétricas das maiores e mais relevantes empresas. As grandes empresas (com mais de 250 empregados) correspondem a cerca de dois terços das patentes do EPO e é menos provável que estas queiram atribuir licenças para o uso das suas patentes ou tecnologias do que as pequenas ou médias empresas [50]. Além disso, as empresas de maior dimensão são atores com maior influência no mercado, principalmente nos setores envolvidos no conjunto de códigos analisada. Os principais setores envolvidos no contexto desta dissertação são o da indústria química, eletrónica, e automóvel. De salientar que o valor económico das patentes não varia apenas com a dimensão da empresa que patenteia, pois os países têm diferentes políticas/regras/incentivos de patenteamento [41, 50] mas também da indústria correspondente. Por exemplo, na indústria química a obtenção de retorno dos investimentos de inovação tende a basear-se mais no patenteamento do que nas outras indústrias [46, 60], enquanto em muitos dos campos associados à eletrónica os objetivos do patenteamento são sobretudo aa negociação de licenças e evitar processos judiciais [46]. Para os automóveis, por exemplo, o patenteamento de tecnologia não tem tanto valor [41].

Contudo, a contagem dos principais patenteadores do presente estudo foi um processo mais moroso que o previsto, principalmente a nível de quem faz o pedido de patente (por norma empresas). Apesar do Patentscope disponibilizar automaticamente um *ranking* das dez principais identidades que fazem o pedido, muitas vezes a mesma empresa vem contabilizada várias vezes por estar escrita de diferentes formas (por exemplo para a pesquisa das componentes não ativas contabilizou como principal patenteador a “SAMSUNG SDI CO., LTD.”, em 4º lugar “Samsung SDI Co., Ltd.” e em

10º “SAMSUNG SDI CO LTD”). Outro problema é que muitas patentes têm o nome do aplicante escrito com caracteres japoneses ou em inglês e com a designação japonesa original em simultâneo (por exemplo a pesquisa 1 tinha como 2º patenteador “SANYO ELECTRIC CO LTD” e em 3º “三洋電機株式会社” que traduzido do japonês significa Sanyo Electric Co., Ltd).

Ao contabilizar os principais patenteadores, foi utilizado como método de somar as patentes do grupo a que pertencem e não das empresas, devido às dificuldades da tradução do japonês de nomes mais complexos (i.e. é mais fácil contabilizar todas as patentes do grupo “Samsung” do que as correspondentes aos vários nomes complexos como “Samsung SDI Electric”, “Samsung Chemicals”, etc.).

Capítulo 5 – Resultados

5.1. Introdução

As extrações das várias pesquisas efetuadas, cujos códigos de busca podem ser consultados no Anexo I, traduziram-se num elevado número de patentes como já se poderia constar através da observação da Tabela 4. O número total de patentes era de 126474 no total das pesquisas associadas ao conjunto de códigos das baterias elétricas durante o período de 2005 até 2014. O número de patentes da pesquisa correspondente ao carregamento ou extração de carga das baterias é de 54171 patentes, um valor também muito significativo.

Existe uma diversidade de apenas 14 subclasses entre os cinco principais códigos de cada pesquisa. As principais subclasses de cada pesquisa podem ser consultadas nos Anexos II e III. De entre os dez principais patenteadores das diversas pesquisas, existiu uma heterogeneidade de apenas 13 entidades. Os principais patenteadores de cada pesquisa pode ser consultadas nos Anexos IV, V e VI.

Após a análise da primeira fase, procedeu-se à elaboração de novas pesquisas, cada uma correspondente um tipo de baterias, para se poder olhar para a evolução temporal do patenteamento das diferentes tecnologias. De entre as pesquisas para as baterias de ião-lítio, chumbo-ácido, ár-lítio, níquel-cádmio, lítio-enxofre, ião-magnésio, sódio-enxofre e de fluxo, o número total de patentes é de 24743. O número de patentes da pesquisa de baterias baseadas em lítio é de 32627. Os termos de pesquisa para cada tipo de baterias pode ser consultada no Anexo IX.

Após a análise da segunda fase, procedeu-se a novas extrações para a base de dados, para se poder olhar para a evolução temporal do patenteamento das diferentes aplicações a que esta análise se propôs abordar na última fase do trabalho. Os termos de pesquisa de baterias para aplicações fotovoltaicas, eólicas, mobilidade elétrica e redes inteligentes podem ser consultadas no Anexo X.

Foram contabilizadas para as aplicações fotovoltaicas 1310 patentes do conjunto de códigos das baterias, e 62 para aplicações eólicas. No caso da mobilidade elétrica, foram contabilizadas 5468 patentes de baterias para veículos com propulsão elétrica e 614 patentes de veículos híbridos. Em termos de patentes de baterias em associação com controlos para EV's foram encontradas 1156 patentes. No caso das baterias para redes inteligentes, foram contabilizadas 794 patentes.

5.2. Caracterização tecnológica das baterias elétricas

5.2.1. Análise temporal do patenteamento

Após a extração dos dados da ferramenta de pesquisa de patentes, antes de se proceder à análise temporal do conjunto de códigos, resolveu-se fazer primeiramente duas pesquisas no Patentscope para o espaço temporal de 2005 a 2014 somente para o código H01M 10 (células secundárias) e H01M 8 (células de combustível). Foi assim possível comparar estas formas de conversão de energia química em energia elétrica e constatar que se patenteava mais em células ou pilhas de combustível até 2010, ocorrendo uma inversão a partir desse ano. Nos últimos dez anos o patenteamento em células secundárias tem vindo a crescer e os dados apontam para que o número anual de patentes desta tecnologia continue a aumentar nos próximos anos. Também é possível prever que as patentes de células de combustível possam voltar a subir pois a contagem em 2014 (ainda incompleta) encontra-se já com valores semelhantes ao do ano anterior.

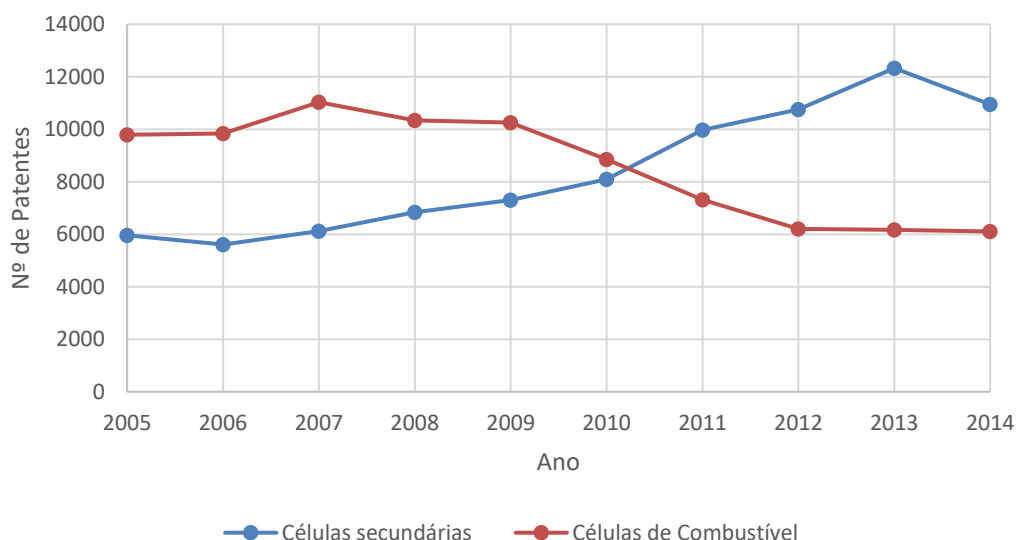


Figura 13 – Comparação do patenteamento em baterias elétricas com pilhas de combustível

Em relação ao conteúdo das pesquisas da primeira fase da análise, as patentes pertencentes a somente uma etapa do conjunto de códigos correspondem a 69,2% das patentes da base de dados referentes à primeira etapa. O número de patentes que cobre mais de uma etapa do conjunto de códigos é de 30,8%. Como tal é verificável que o esforço inovativo foca-se mais nas etapas do conjunto de códigos das baterias em isolado.

A Figura 14 representa as pesquisas que contém uma componente do conjunto de códigos, e constata-se que, durante os últimos anos, o patenteamento tem vindo a aumentar em toda o conjunto de códigos, demonstrando uma aposta clara na inovação nas baterias elétricas e os dados sugerem que esta tendência continue a partir do período temporal apresentado. O patenteamento anual em células secundárias destacou-se das restantes componentes a partir de 2008 devido a uma taxa de crescimento superior desde 2006. Porém, entre 2009 e 2013, em média, todas estas pesquisas possuem taxas de crescimento semelhantes: 13,7% para as componentes não ativas, 13,4% para elétrodos e 14,2% para as células secundárias.

É verificável que se patenteia mais nas próprias células secundárias do que nos elétrodos ou nas componentes não ativas. No entanto, somando as componentes não ativas e elétrodos, torna-se possível afirmar que se patenteia mais em componentes de células secundárias do que em células secundárias e as taxas de crescimento apontam na continuação da importância destas componentes.

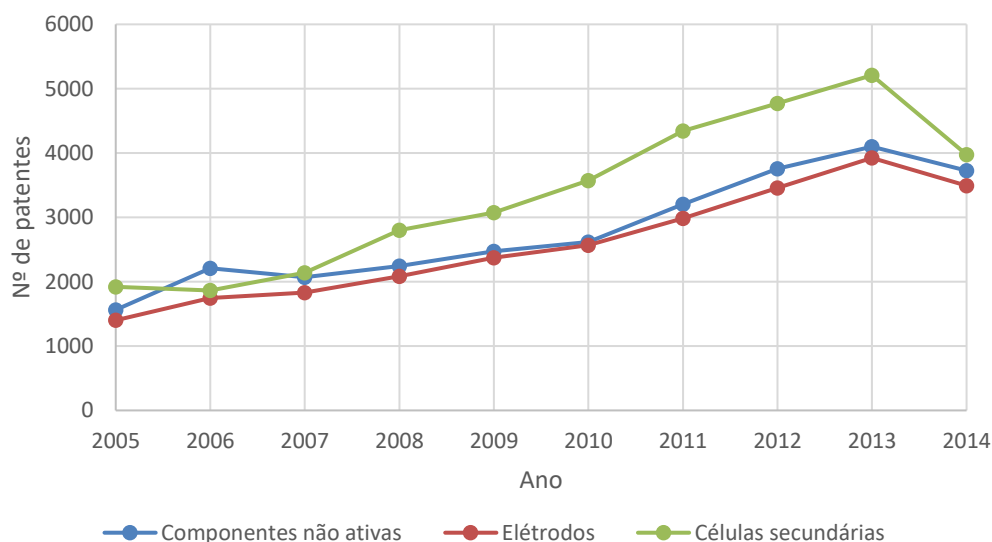


Figura 14 – Comparação do pantenteamento que cobre uma etapa do conjunto de códigos

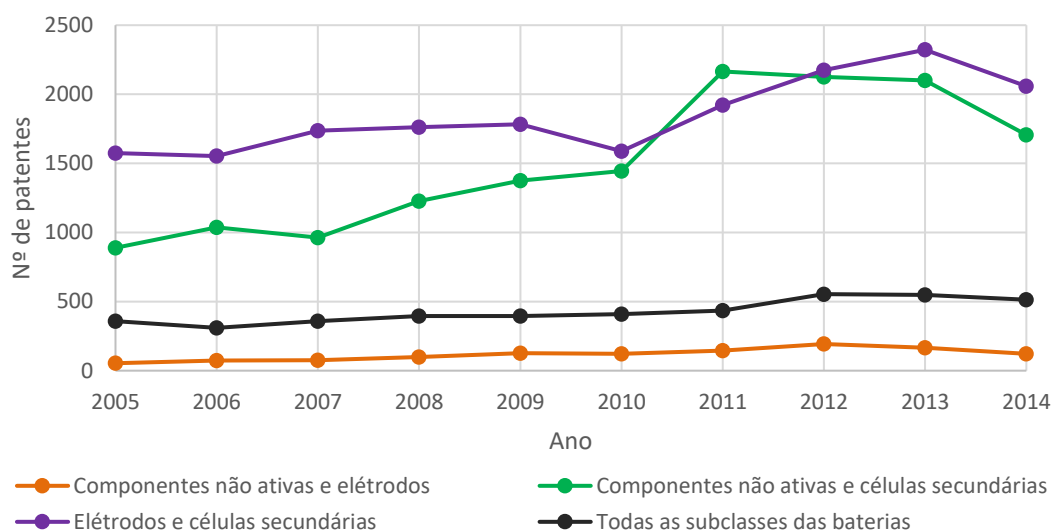


Figura 15 – Comparação do pantenteamento que engloba várias etapas do conjunto de códigos

Analisando as patentes “multi-etapa”, é possível concluir que as que se referem a eléttodos e componentes não ativos são de reduzido número. Estima-se que a tendência de reduzido pantenteamento se mantenha constante até porque é difícil patentear-se nestas duas componentes ao mesmo tempo, ignorando a própria célula. O número de patentes anual que contém todas as etapas do conjunto de códigos tem uma taxa de crescimento média de 9,1% e estima-se que apesar deste crescimento, continue menos significativo quando comparado com as patentes que contém somente células secundárias e eléttodos ou células secundárias e componentes não ativos já que é sempre mais difícil patentear em toda o conjunto de códigos. As patentes de componentes não ativos e células secundárias começaram por crescer bastante e chegaram mesmo a ultrapassar em 2011 as patentes de eléttodos e células secundárias que são as que mais patentes possuem nos últimos 10 anos deste conjunto, e possuem uma média de crescimento de 13% entre 2009 e 2013, porém é estável a partir de 2011 (-1,5%). As patentes de eléttodos e células secundárias encontravam-se num período

relativamente estável com uma taxa de crescimento de 3,1% entre 2006 e 2009, subindo para uma taxa de crescimento de 7,5% entre 2009 e 2013.

Comparando os dois últimos casos, constata-se que as patentes de elétrodos e células secundárias crescem mais do que as de componentes não ativas e células secundárias, apesar do crescimento destas ser muito semelhante quando se analisam patentes que digam respeito a apenas uma etapa do conjunto de códigos. O conjunto elétrodos + células secundárias sugere um aumento da performance da bateria, enquanto as componentes não ativas + células secundárias sugerem conexões entre elementos das baterias ou arranjos que permitam o escape de gases, etc. Como tal poderá ser um indicador da maior importância da performance energética do que elementos mais associados a segurança ou acondicionamento de baterias. No entanto as taxas de crescimento são reduzidas quando comparadas com as patentes de uma só etapa do conjunto de códigos.

É difícil estimar o futuro do último caso por não ser muito constante, apesar do seu significativo número de patentes. O mais certo é que tendam a manter-se ou a crescer, sendo pouco estimável que o número de patentes anual comece a decrescer durante mais de um ano, tendo em conta a tendência geral do patenteamento do conjunto de códigos. No entanto podem ocorrer alterações mais bruscas como aconteceu entre 2010 e 2011 para as patentes de células secundárias e componentes não ativas onde houve um crescimento de 49,9%.

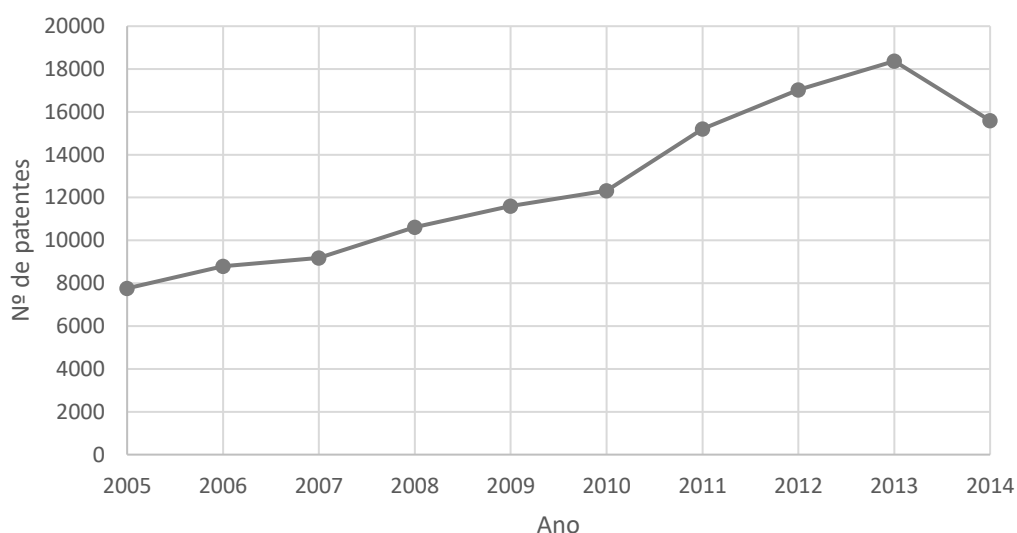


Figura 16 – Patenteamento no conjunto de códigos das baterias elétricas

A Figura 16 representa o total das patentes das pesquisas 1 a 7 e demonstra que o número de patentes anual associado a qualquer etapa do conjunto de códigos das baterias elétricas já era elevado em 2005 e a sua taxa de crescimento tornou-se mais acentuada a partir de 2010 passando de 9,8% para 14,4%. É estimado que este volume de patentes continue a crescer nos próximos anos apesar deste crescimento poder desacelerar um pouco, bastando para isso que uma das etapas do conjunto de códigos estabilize.

Note-se ainda que no caso das quatro pesquisas mais relevantes em termos de número de patentes, todas elas têm o seu máximo em 2013 e a quinta mais significativa mantém-se perto do seu nível máximo desde 2010. Este indicador também leva a crer que levará tempo até que o patenteamento associado a baterias elétricas comece a decair.

No entanto, além do crescimento e da penetração de mercado das baterias em várias áreas, fazer semelhante análise para tipos de baterias diferentes levaria a conclusões diferentes. Se o conjunto de códigos fosse criada a pensar na bateria de níquel-cádmio, por exemplo, poderiam haver já sinais de saturação da tecnologia, como irá ser constatado no subcapítulo seguinte.

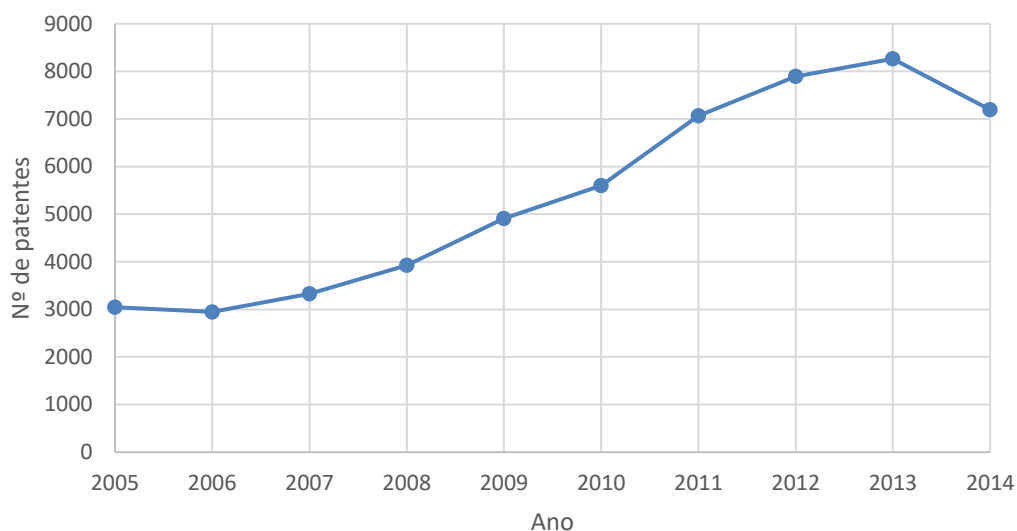


Figura 17 – Patenteamento em carregamento/fornecimento de carga das baterias

Seguidamente procedeu-se à análise do patenteamento associado ao carregamento. Não só esta tecnologia contém um elevado número de patentes, como também tem vindo a crescer ao longo dos anos, acompanhando assim o conjunto de códigos. Também é necessário salientar que existe um número de patentes anual nesta análise que é superior a cada uma das pesquisas associadas ao conjunto de códigos das baterias elétricas. Pode-se assim concluir que tem existido ao longo dos anos um aumento de conhecimento na área das baterias elétricas que é acompanhada pelo interesse crescente nas tecnologias de carregamento ou utilização de carga da qual as baterias são dependentes. A taxa de crescimento médio foi de 17,5% entre 2006 e 2010 e de 14,2% a partir daí. Como tal, nos próximos anos é expectável que o patenteamento no carregamento elétrico continue a aumentar mas de forma não tão acentuada como entre o primeiro período da análise temporal analisada. A taxa de crescimento é muito semelhante à do total do conjunto de códigos.

O padrão mais comum nestas variações temporais é o elevado número de pedidos de patentes e o crescimento anual durante o período analisado das cinco pesquisas mais importantes. Todas as pesquisas possuem uma taxa de crescimento médio entre 2009 e 2013 entre 7,5 e 14,2%. É pois possível constatar que existiu um investimento nas baterias e se vê nelas valor comercial, sendo expectável que se continue a observar no mercado baterias com características cada vez mais desenvolvidas e eficientes para diversos tipos de aplicação. Uma interpretação possível desta análise seja a de que várias das indústrias que utilizem sistemas com bateria, como o das telecomunicações ou do veículo elétrico por exemplo, estejam a desenvolver novas tecnologias. A utilização das baterias em tantas aplicações faz com que consiga atingir este grande volume de patentes anual. A evolução da tecnologia para uma determinada aplicação também abre novas possibilidades a outras, criando-se sinergias entre os diferentes sectores de aplicação, levando vários setores a desenvolverem conhecimentos aplicáveis a áreas diferentes, até porque muitas destas patentes não referem uma aplicação concreta.

Porém, sendo que na terceira fase se analisará o patenteamento do carregamento associado à mobilidade elétrica, será interessante verificar a tendência atual do patenteamento do carregamento de baterias em armazenamento estacionário de larga escala. Para isso traçou-se a evolução temporal

da pesquisa de carregamento que contivesse a subclasse H02J 3/32 que diz respeito ao balanceamento de carga na rede através do armazenamento de energia em baterias.

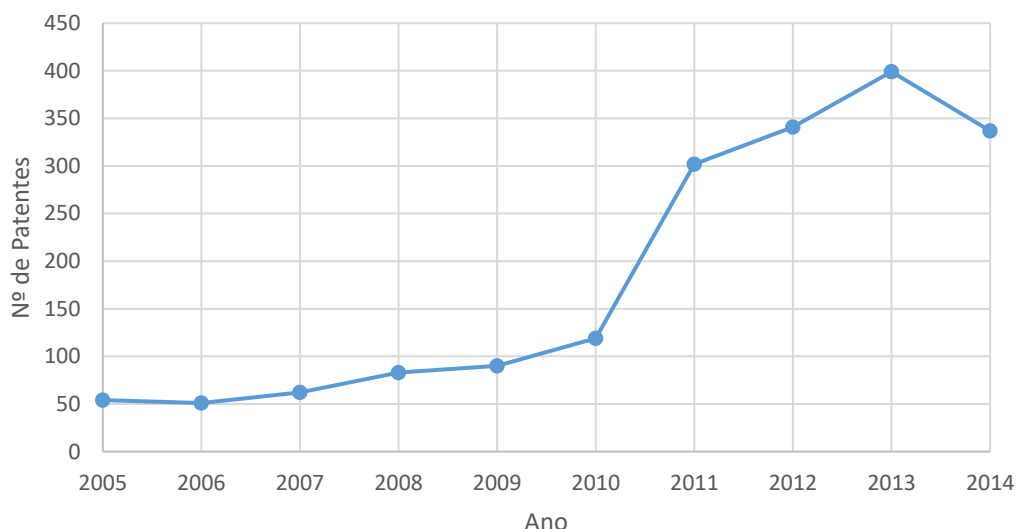


Figura 18 – Patenteamento no balanceamento de carga na rede através do armazenamento em baterias

Como tal existem 1838 patentes no período temporal analisado, o que corresponde a 3,4% do patenteamento da pesquisa associada ao carregamento/extração de carga das baterias. Entre 2005 e 2010 o patenteamento tinha uma taxa de crescimento médio de 18,1%, passando para 61,2% a partir dessa data. Esta elevada taxa de crescimento justifica-se pela emergência neste mercado por parte das baterias, que começa agora a tornar-se mais viável [61].

5.2.2. Análise das classes tecnológicas

A identificação dos principais códigos nas patentes das pesquisas 1 a 7 é importante porque indica as principais aplicações das patentes e tecnologias associadas. Obviamente, todas as patentes contêm o código H01M e esse código será ignorado nesta análise. De salientar que a maioria das patentes pertence às secções associadas à área da eletrónica/eletricidade, química ou automóvel, respetivamente H (eletricidade), C (química/metallurgia) ou B (transportes/operações).

A subclasse H01G (que se refere a condensadores, circuitos retificadores, detetores, interruptores, aparelhos sensíveis à luz ou temperatura do tipo eletrolítico) é a única que aparece nos cinco principais códigos de todas as pesquisas, sendo mesmo a subclasse principal nas pesquisas 1, 4 e 7 sendo portanto bastante importante para as componentes não ativas. Estas patentes poderão por exemplo envolver condensadores ou detalhes de montagem, interações com o eletrólito, proteção contra corrosão, curto-circuito ou controlo de temperatura. Também pode ser associado a tecnologias fotovoltaicas, mas tendo em conta análises futuras, e a própria natureza das baterias, o mais provável é que a maioria destas patentes pertença a grupos distintos.

O código C01B (elementos não metálicos e compostos derivados) é o principal código da pesquisa 2, que tem nas suas cinco principais subclasses mais dois códigos da secção da química/metallurgia. Tratando-se de elétrodos é normal que apareçam várias patentes com códigos da química.

O código C01G (componentes contendo metais não cobertos pelas subclasses C01D ou C01F) é a principal da pesquisa que se refere a elétrodos e células secundárias, e mais uma vez uma pesquisa envolvendo elétrodos contém 3 códigos da secção da química nas suas cinco principais subclasses.

As pesquisas das células secundárias e componentes não ativos e células secundárias têm como principal código o já abordado H02J. Sendo que estas pesquisas envolvem células secundárias como produto final podemos concluir que o carregamento é a característica mais importante quando se patenteia em baterias. O carregamento está também entre os cinco principais códigos das pesquisas 1 e 7.

Os códigos associados à química e à eletricidade/eletrônica são os mais importantes para todas as pesquisas, porém existe uma presença muito grande entre os cinco principais códigos associados à secção do transporte. Nas pesquisas 3 e 5 o código B60K (Montagem de unidades de propulsão ou de transmissões em veículos; Montagem plural de diversos motores em veículos; Transmissões auxiliares para veículos; Instrumentação ou painéis para veículos; Ligações de conexão com refrigeração, entrada de ar, gases de escape ou alimentação de combustível de unidades de propulsão em veículos) aparece entre as principais e o seu grupo B60K 6 que se refere a veículos híbridos. As mesmas pesquisas têm o código B60L (Propulsão para veículos de propulsão elétrica; Fornecimento de energia elétrica para o equipamento auxiliar de veículos de propulsão elétrica; Travagem eletrodinâmica para veículos em geral; Suspensão magnética ou levitação para veículos; Monitorização de variáveis de funcionamento de veículos de propulsão elétrica; Dispositivos de segurança elétrica para veículos de propulsão elétrica) como a segunda subclasse mais patenteada na pesquisa nº 7 é a terceira, sendo que o grupo B60L 11 se refere ao veículo elétrico.

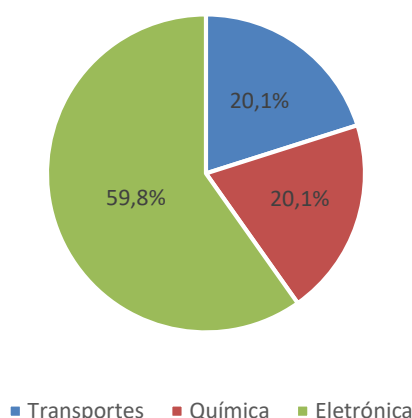


Figura 19 – Patenteamento por setor através dos códigos de secção do IPC

Considerando os cinco principais códigos das pesquisas 1 a 7, e através da secção de cada código, pode-se estimar a divisão do patenteamento por área das baterias. O único código cuja secção pertence à Física (G01R) foi considerado como eletrônica/eletricidade.

O sector dos transportes e da química representam ambos 20% das secções patenteadas, mas o setor da eletrônica/eletricidade é o que mais patenteia com 60%. Para isso muito contribui o elevado número de patentes com o código H02J da pesquisa 3 correspondente somente às células secundárias. Também deve ser referido, que dados os códigos do setor automóvel patenteados, sugere que muitos deles estejam ligados a mobilidade elétrica e não a baterias de arranque mais convencionais.

Para a análise de constituintes importantes das baterias que não surgem isoladas com uma subclasse própria no IPC, foram contabilizados determinados códigos de grupos e subgrupos nas pesquisas efetuadas para se perceber o volume de patentes de várias componentes das baterias. Os códigos utilizados para se identificarem estes elementos nas várias pesquisas podem ser consultados no Anexo VII.

Como tal, foram contabilizadas 11274 patentes referentes a eletrólitos em todo o conjunto de códigos o que corresponde a 8,9% desta. Ora os elétrodos, que representam 39,4% de todo o conjunto de códigos e ocupam um papel central no esforço inovativo, sendo o elemento mais patenteado. Apesar dos eletrólitos terem uma percentagem menor, ela é ainda assim significativa, mesmo quando comparada com as patentes dos elétrodos. Os eletrólitos representam também quase um quarto das patentes das pesquisas 6 (elétrodos e células secundárias) e 7 (todos os passos do conjunto de códigos), 23,6 e 24,3% respetivamente, mostrando que não só são uma componente que se tem desenvolvido de modo bastante favorável, como é fundamental nas patentes que cruzam o código dos elétrodos com as células secundárias, existindo aí um forte dinâmica elétrodos-eletrólitos, sendo que ambos são essenciais no desenvolvimento da performance da bateria. Isto reforça a ideia anteriormente referida, que a pesquisa 6 poderá traduzir um esforço de aumento do desempenho da bateria. De salientar ainda que 81,2% destes eletrólitos são de natureza não aquosa. Isto demonstra um foco em baterias que utilizam este tipo de eletrólitos, por exemplo, as de ião-lítio. Mas outras baterias poderão beneficiar/estar associadas a esta característica do patenteamento, como por exemplo a necessidade em se desenvolver eletrólitos não-aquosos estáveis para as baterias de ar-lítio [62].

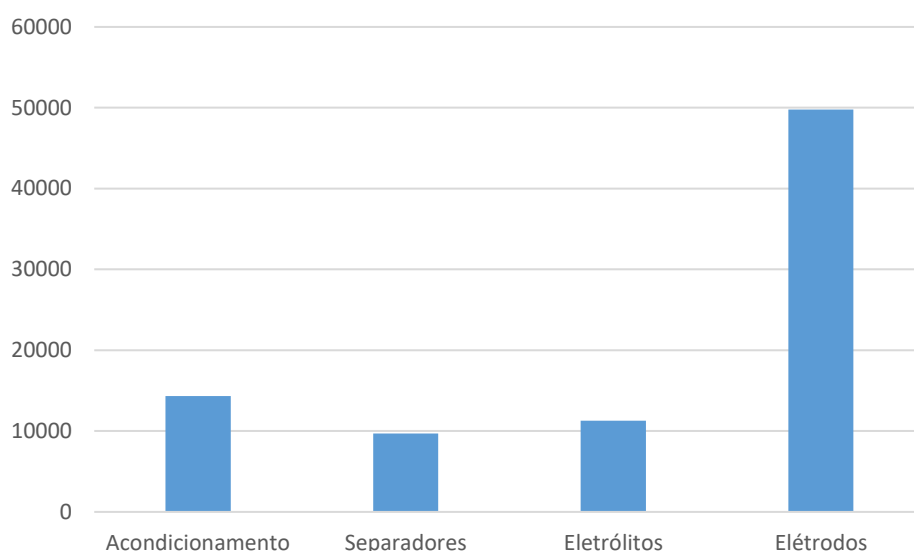


Figura 20 – Patenteamento de elementos importantes da bateria elétrica.

As patentes associadas ao acondicionamento (*cell housing*) são ligeiramente superiores às dos eletrólitos e representam 11,3% do conjunto de códigos das baterias elétricas. Nas pesquisas que contêm componentes não ativas (onde as patentes de acondicionamento se encontram) representam entre 24,9% a 31,1% das patentes de cada pesquisa. Resolveu-se cruzar as palavras “*cylindrical*”, “*prismatic*” e “*pouch*” para se compreender o tipo de embalagem mais comum no conjunto de códigos. Obtiveram-se 512 resultados para células cilíndricas, tendo sido o principal tipo de *design* patenteado. Este tipo de *design* apresenta vantagens como a sua densidade energética e estabilidade mecânica mas pouca eficiência de acondicionamento. As células do tipo prismático corresponderam a 240 patentes, e é um formato com um acondicionamento mais eficiente mas menor densidade energética e também mais cara. As baterias em forma de bolsa corresponderam a 396 patentes são baterias com maior densidade energética e não são limitadas pelo tamanho da célula, no entanto apresentam desvantagens como a menor estabilidade mecânica. Apesar de este tipo de *design* ser bastante popular em EV's [63] todas estes tipos de acondicionamento são utilizados na mobilidade elétrica [64].

Nas patentes que aos separadores dizem respeito, representam 7,7% do conjunto de códigos. No entanto, na pesquisa 5 (componentes não ativas e elétrodos) representam 41,1 % do patenteamento e

mais de metade (50,9%) do patenteamento da pesquisa que cobre todo o conjunto de códigos. O fato de se patentear quase tanto em separadores quanto em eletrólitos será consequência de que conforme as baterias se tornam uma tecnologia mais sofisticada, também o papel do separador no isolamento dos elétrodos se torna mais exigente e complexo [65].

5.2.3. Análise da tipologia dos patenteadores

Dado que ter uma grande quantidade de patentes significa possuir grande propriedade intelectual num determinado campo, é importante identificar os grupos com maior propriedade intelectual na área das baterias elétricas.

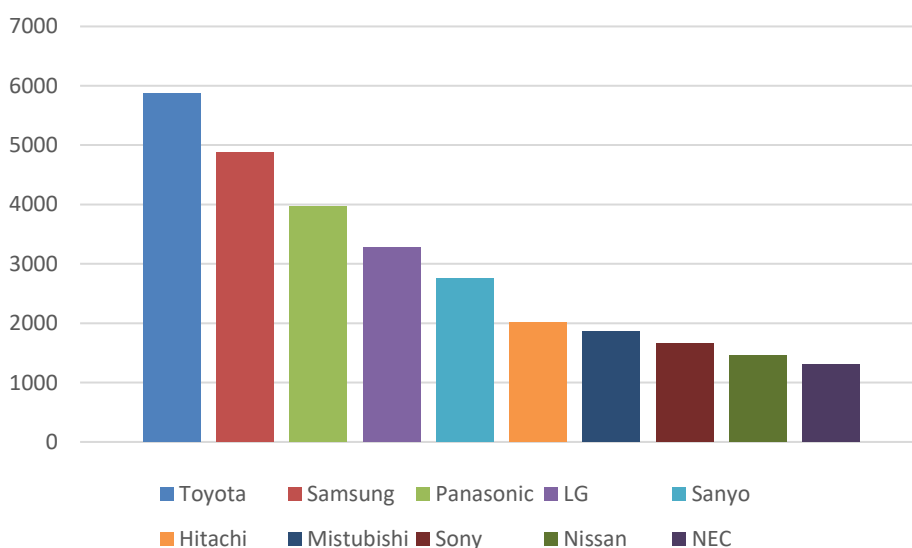


Figura 21 – Principais patenteadores de patentes referentes a uma etapa do conjunto de códigos.

Como já era de prever através dos códigos mais usados no patenteamento, os principais patenteadores da Figura 21 provêm de corporações relacionadas com a eletrônica (Panasonic, Samsung, Hitachi, LG, Sanyo, Sony, NEC), química (LG) e automóvel (Toyota, Nissan, Mitsubishi). Porém, estas companhias encontram-se ativas nas três fases do processo do conjunto de códigos. A Toyota é quem mais patenteia nas pesquisas 2 e 3 referentes a elétrodos e células secundárias enquanto a Samsung é quem mais patenteia em componentes não ativos. Juntando isto ao facto da Nissan não figurar nas 10 empresas que mais patenteiam em componentes não ativos sugere que o setor automóvel aposta mais nas outras duas etapas do conjunto de códigos. A grande maioria das patentes da LG vêm da LG Chem, sendo que se pode considerar o único grande patenteador da indústria química. A Samsung tem a maior parte das suas patentes através da empresa Samsung SDI. De referir que apesar de não aparecerem na Figura 21, a Bosch é a 7ª que mais patenteia em componentes não ativos e 9ª em células secundárias, enquanto a GS Yuasa a 10ª em componentes não ativos e 9ª em elétrodos.

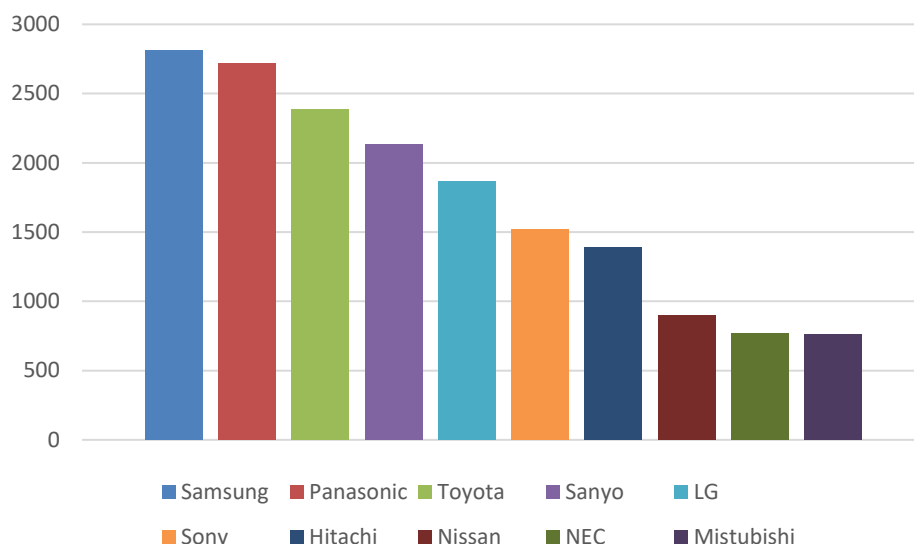


Figura 22 – Principais patenteadores de patentes que cubram mais de uma etapa do conjunto de códigos.

Analisando as patentes que cubram mais de uma etapa do conjunto de códigos, a Samsung e a Panasonic são quem mais patenteiam. A Samsung é quem mais patenteia na pesquisa referente a componentes não ativas e células secundárias, reforçando a ideia que a companhia se foca bastante em patentes que envolvam os detalhes construtivos deste tipo de componentes. Isso poderá ser associada ao facto desta companhia ser importante na venda de telemóveis e *tablets* por exemplo. A aplicação de baterias de ião-lítio por exemplo a aplicações estacionárias de larga escala ou para PHEV necessitam de melhorias de performance das quais componentes como elétrodos ou eletrólitos são essenciais. Isso poderá ser uma justificativa para a o número de patentes da Samsung aqui ser tão elevado. No entanto deve ser tido em conta que a Samsung SDI está ativa na mobilidade elétrica e armazenamento.

A Panasonic é quem mais patenteia nas restantes pesquisas referentes a elétrodos e componentes não ativos, elétrodos e células secundárias e todos os passos do conjunto de códigos. Isto sugere que a Panasonic é muito ativa em patentes que cubram mais de uma etapa do conjunto de códigos. Isto pode sugerir que um foco no aumento da performance em várias vertentes como por exemplo densidade energética ou ciclos de funcionamento, de onde o veículo elétrico por exemplo sairia beneficiado.

A Toyota parece mais focada em patentes que cubram apenas uma etapa do conjunto de códigos sendo elas componentes não ativas, elétrodos ou células secundárias. A Bosch é a sétima maior patenteadora em componentes não ativas e células secundárias e a Toshiba a nona em patentes que cubram todas as etapas do conjunto de códigos. Ainda que a análise de patentes de elétrodos e componentes não ativas não tenha grande relevância, a Sumitomo Chemical é a 3ª que mais patenteia.

Dos principais patenteadores também podemos considerar a importância eletrónica de consumo como a Samsung, Panasonic, Sony e Hitachi. Isso demonstra o papel dos mercados associados, como por exemplo dos telemóveis que assumem uma grande importância no mercado das baterias de ião-lítio. A Sanyo tem também um peso no mercado PV e de tecnologias “verdes”, sendo um bom indicador para o armazenamento renovável.

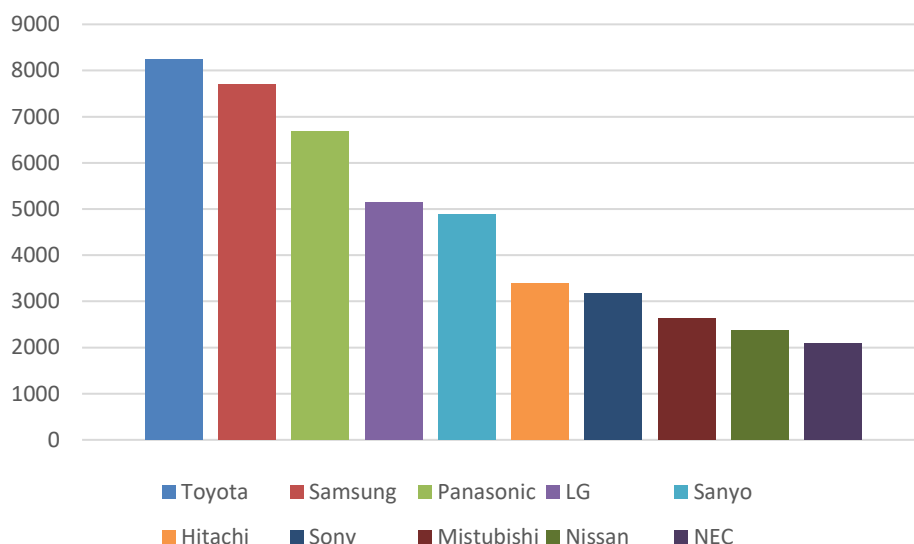


Figura 23 – Principais patenteadores de toda o conjunto de códigos.

Considerando o total de patentes do conjunto de códigos, o cenário é relativamente parecido ao da Figura 21. Como tal, pode-se concluir que a Toyota é quem tem mais patentes associadas a baterias elétricas. Comparando com os resultados dos códigos de secção, as três principais indústrias presentes nas companhias mais patenteadoras não surpreende, apesar de não se poder fazer uma relação direta entre o setor dos códigos mais patenteados por análise e companhias patenteadoras. Por exemplo, só a LG Chem tem relevância na indústria química entre os dez principais patenteadores e nem é a que mais patenteia em nenhuma pesquisa, mesmo aquelas que têm um elevado número de patentes da seção da química. Isto demonstra que as principais corporações patenteadoras, ainda que se possam focar mais em uma etapa ou conjunto de etapas, estão ativas por todo do processo de criação de valor. Parecem existir três companhias que lideram a inovação no campo das baterias: A Toyota, a Samsung e a Panasonic, e outras duas que se distinguem das restantes: a LG e a Sanyo. As restantes patenteiam pouco quando comparadas com as três principais.

Os BEV Nissan Leaf representa 45% do mercado dos veículos puramente elétricos [64], com baterias produzidas pela AESC (*Automotive Energy Supply Corporation*), um empreendimento conjunto entre a Nissan e a NEC. O Toyota Prius Plug-in Hybrid é o segundo veículo PHEV mais vendido no mundo, com baterias desenvolvidas em conjunto com a Panasonic. O mais vendido é o modelo GM Chevrolet Vol, cujas baterias são produzidas pela LG Chem [64]. É possível verificar a presença da Toyota, Panasonic, Nissan, NEC e LG Chem entre os principais patenteadores de baterias elétricas. Esta constatação leva a crer, tal como a análise dos códigos, uma influência da mobilidade elétrica no patenteamento do campo das baterias.

De referir que a Panasonic adquiriu a Sanyo [66], e como tal tornou-se dona da sua propriedade industrial. Se forem somadas as patentes das duas companhias, e as associarmos à Panasonic, esta torna-se a companhia que mais patentes possui em baterias elétricas e como tal maior propriedade intelectual na área. É de referir que as cinco principais companhias representam 22,8% do total das patentes do conjunto de códigos das baterias enquanto as dez principais 36,6%. Isto sugere que existe um grande número de patenteadores ativos nos últimos anos no mercado das baterias elétricas. As últimas companhias da Figura 23 já têm um número de patentes bastante reduzido em relação às primeiras e as dez principais companhias que nem sequer representam um quarto das patentes.

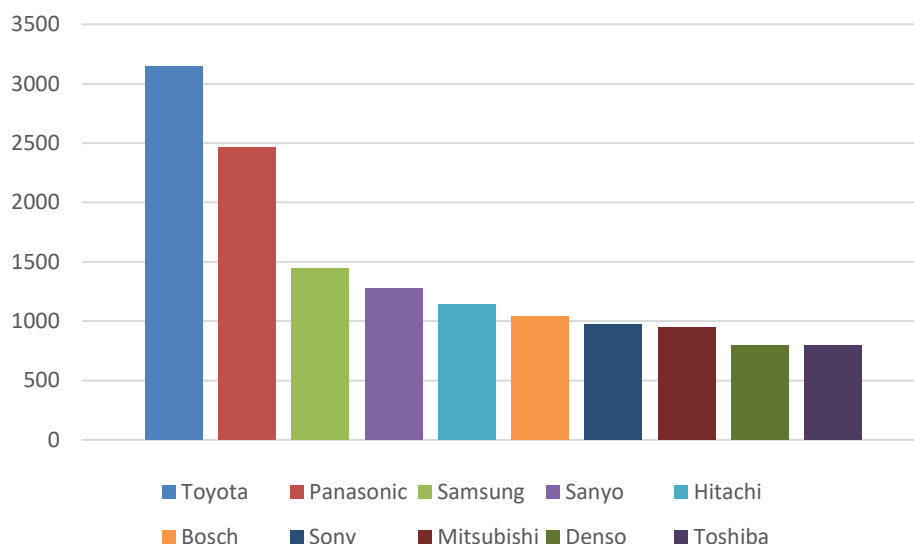


Figura 24 – Principais patenteadores no carregamento/fornecimento de carga das baterias elétricas.

Em relação à pesquisa 8 que representa o carregamento que representa o carregamento podemos constatar que a Toyota e a Panasonic são as que mais patenteiam. A Samsung tem um papel menos significativo nesta análise em relação às anteriores. Tal poderá ser justificado pelo facto de ser muito ativa em componentes não ativas. Na pesquisa correspondente a componentes não ativas e células secundárias, o código de onde provém a subclasse do carregamento nem sequer figura entre os principais e mesmo na pesquisa exclusiva a estas componentes, o H02J é apenas o quinto código mais importante. A ausência da LG Chem demonstra que a indústria química, apesar de se preocupar com as diversas etapas do conjunto de códigos, não está ativa no carregamento/fornecimento de carga a partir de baterias.

Olhando para as patentes pertencentes aos dez principais patenteadores das pesquisas 1 a 8, é possível contabilizar os principais países inovadores em baterias desse conjunto através da origem das corporações. Como tal, é possível verificar que a maioria da atividade de inovação provém do Japão, país a que correspondem 68.7% das patentes dos principais patenteadores. Tal não é de estranhar pois todas as análises contêm sete a oito corporações japonesas nos seus dez principais patenteadores.

A Coreia do Sul é o segundo país mais inovador com 27.2% das patentes dos principais patenteadores. Apesar de só haverem duas corporações sul-coreanas entre as dez principais de todas as pesquisas, esta elevada “fatia” vem do fato da Samsung e da LG serem respetivamente a segunda e a quarta corporações que mais patenteiam no total. A Alemanha, com 4.1% das patentes consegue surgir como o terceiro país mais inovador graças à Bosch, que é a sétima companhia do Mundo que mais patenteia nas pesquisas de componentes não ativas e componentes não ativas com baterias. Pode-se dizer que a Alemanha consegue colocar o seu nome neste estudo principalmente com inovações associadas aos detalhes construtivos de componentes não ativas.

Na pesquisa do carregamento/fornecimento de carga a presença do Japão é ainda mais predominante com 82,3% das patentes, devido à ausência do grupo LG nos principais patenteadores de tecnologias deste tipo. A Alemanha corresponde a 7,4% das patentes e a Coreia do Sul a 10,3%.

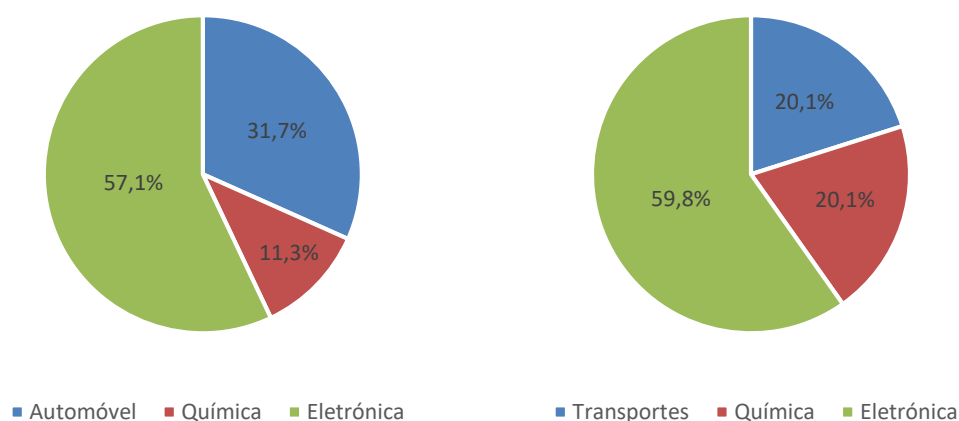


Figura 25 – Comparação dos principais patenteadores por indústria com principais secções das patentes.

Analisando os principais patenteadores por indústria, podemos constatar que o da eletrónica é o mais ativo. Tal se deve à própria natureza da bateria enquanto produto final. A sua percentagem é muito semelhante à percentagem da eletrónica da Figura 19 que analisa o patenteamento por secção dos códigos do IPC. A indústria automóvel representa cerca de 31,7% das patentes das principais corporações, porém apenas representa 20% do patenteamento por secção dos transportes. Esta diferença poderá ser explicada por a indústria automóvel patentear em toda o conjunto de códigos. O inverso acontece para o caso da indústria química, já que essa indústria apenas tem uma corporação entre os principais patenteadores representando 11,3%, enquanto as patentes na secção da indústria química representam 20% do total. Isto também se deverá ao facto de a indústria eletrónica e automóvel também patentear em códigos associados à química, já que nesse tipo de corporações não há uma separação estanque entre áreas.

Finalmente, nas diversas pesquisas, foi cruzada a palavra "university" e "institute" de modo a se tentar perceber se este tipo de instituições teriam alguma relevância no conjunto de códigos. Cerca de 3,7% das patentes do conjunto de códigos foram obtidas dessa forma. Porém para a pesquisa 2, referente a elétrodos, estes representam 10,2% das patentes sendo um valor muito além do esperado. A resposta para este facto poderá dizer respeito ao conteúdo "químico" desta etapa do conjunto de códigos. De referir que muitas destas instituições associadas a investigação poderão não fazer parte da componente pública, pois podem ser universidade ou instituições privadas.

5.2.4. Análise do tipo de inovação

Através dos códigos de IPC presentes na base de dados, foi possível caracterizar as patentes quanto ao tipo de inovação. Muitos dos subgrupos contêm a descrição "*Construction or manufacture*" (construção ou produção) e como tal representam indicadores de inovação de processo, como descrita na Tabela 1. Como exemplo, o código H01M 4/139 diz respeito processos de produção de elétrodos para acumuladores com eletrólitos não aquosos. Os códigos que contêm este tipo de descrição podem ser consultados no Anexo VIII.

Contabilizando-se o número de patentes que contenham códigos respetivos à construção ou produção para cada pesquisa, conseguimos calcular o número de patentes associadas à inovação de processo. Como tal, as restantes patentes que não digam respeito a processos de construção, centram a sua componente inventiva no produto, representando indicadores de inovação de produto. A natureza das inovações do tipo organizacional ou de *marketing* não são facilmente verificáveis em patentes de inovação.

De salientar que o grupo H01M 2, associado às componentes não ativas, não possui nenhum código de atribuição a processos de construção ou produção e, portanto, na pesquisa 1, referente às componentes não ativas, é impossível ser contabilizada alguma patente associada a inovação de processo.

Tabela 6 – Patentes associadas ao tipo de inovação no conjunto de códigos das baterias.

Nº da Pesquisa	Produto	Processo
1	27959	0
2	16975	8891
3	30163	3519
4	911	268
5	9929	5106
6	11565	6909
7	2071	2208
Total	99573	26901

É possível verificar que com exceção da pesquisa que contém todos os elementos do conjunto de códigos, a inovação de produto é a predominante em todas as pesquisas. A inovação de processo possui ainda assim um número de patentes relativamente elevado com exceção do patenteamento em células secundárias onde a grande maioria das patentes se centra em inovação de produto. No total, as patentes com vista a inovações de produto correspondem a cerca de 78.7% do patenteamento enquanto as de processo representam cerca de 21.3%. O fato de se patentear mais em “produto” do que em “processo” demonstra que existe uma tentativa de desenvolvimento das componentes das baterias, sendo de esperar que as de processo aumentem perto de um período de estagnação. As patentes onde se podem encontrar elétrodos e/ou eletrólitos contêm ainda assim um significativo número de inovações de processo o que poderá contribuir para a redução do preço das baterias já que, por exemplo, numa bateria de ião-lítio para EV, o cátodo, eletrólito e ânodo representam cerca de 49%, 23% e 11% do preço da bateria [64].

Devido às dimensões da base de dados é difícil estabelecer um processo preciso que nos permita contabilizar indicadores de inovações incrementais ou radicais de forma precisa. No entanto a identificação desse tipo de inovações operacionalizou-se através das patentes do conjunto de códigos, considerando inovações incrementais quando estas ocupam uma subclasse desse conjunto (que é o caso das pesquisas 1, 2 e 3) ou radicais quando contemplam várias subclasses (como é o caso das pesquisas 5, 6, 7 e 8). Como tal, somaram-se as patentes associadas à inovação de produto das pesquisas 1, 2 e 3 da Tabela 6 para se contabilizarem as inovações incrementais de produto e somaram-se às das pesquisas 4, 5, 6 e 7 para se obterem as inovações radicais de produto. O mesmo processo foi repetido para as inovações de processo da Tabela 6 e dessa forma se construiu a Tabela 7.

Tabela 7 – Caracterização da inovação do conjunto de códigos quanto ao tipo.

Inovação		
Quanto ao nº de etapas	Quanto ao tipo	
	Produto	Processo
Incremental	59,38 %	9,81 %
Radical	19,35 %	11,46 %

É possível verificar que se patenteia mais a nível de produto em patentes que envolvam apenas uma etapa do conjunto de códigos do que todos os restantes casos somados. Verifica-se que apesar de se patentear mais a nível de produto no caso de uma inovação incremental, a nível de inovações de processo é mais comum ocorrerem inovações radicais.

5.3. Caracterização dos tipos de baterias

Para a segunda fase da análise, serão analisadas diversas baterias quanto ao tipo, sendo que o número total de patentes é destas, excluindo a pesquisa “lítio” é de 24743. Deve-se salientar que as baterias de ião-lítio representam 82,2% deste conjunto.

Tabela 8 – Número de patentes contabilizadas para cada tipo de bateria

Tipo de bateria	Nº de patentes
Ião-lítio	20340
Chumbo-ácido	2075
Ár-lítio	81
Níquel-cádmio	143
Lítio-Enxofre	1117
Ião-magnésio	107
Sódio-Enxofre	164
Fluxo	716
Lítio	32627

Como é possível constatar pela Figura 26, o esforço inovativo concentra-se em baterias baseadas em lítio. De notar que a pesquisa “Lítio” contém as patentes da pesquisa “Ião-Lítio”. Considerou-se pertinente criar esta pesquisa, já que existem muitas patentes que apenas contêm a palavra “Lítio” no resumo da patente e se referem a várias tecnologias de lítio, outras referem-se somente às baterias de lítio. Tanto a pesquisa referente a baterias de ião-lítio como a pesquisa “Lítio” encontram-se em crescimento acentuado com taxas médias de crescimento entre 2009 e 2013 de 11,1% e 10,1% respetivamente. Tendo em conta o número de patentes para 2014 é expectável que o patenteamento anual venha a ter taxas de crescimento ainda superiores. O número tão elevado de patentes de baterias de ião-lítio provêm não só do seu principal motor, o da eletrónica de consumo, que é o setor que mais utiliza este tipo de baterias mas também por existir uma grande oportunidade de crescimento para EV's [65].

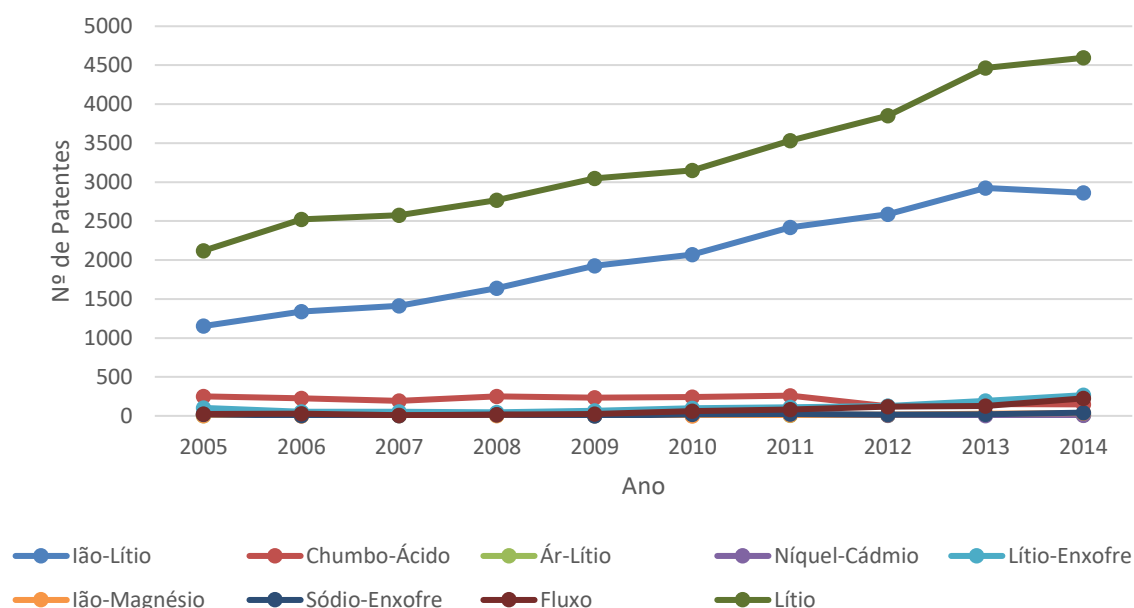


Figura 26 – Comparação do patenteamento de diversos tipos de baterias.

Dos restantes tipos de baterias analisadas, as mais relevantes são as baterias de ácido-chumbo, de fluxo e de lítio-enxofre, ainda que o seu patenteamento esteja muito longe das baterias de íão lítio. As baterias de chumbo-ácido têm vindo a passar períodos onde as taxas médias de crescimento variam consideravelmente, passando -11,7% entre 2005 e 2007, passando para 8,3% entre 2007 e 2011, descendo para -55,7% no ano seguinte. Entre 2012 e 2013 houve um crescimento de 22,8% e tendo em conta o número de patentes relativamente elevado em 2014, essa taxa de crescimento deverá aumentar. No entanto, existe uma tendência recente de crescimento e os dados de 2014 são relativamente elevados. Esta tendência poderá estar relacionada com o esforço associado a micro-HEV [4]. As poucas patentes associadas às baterias de ácido-chumbo justificam-se pelo facto de ser uma tecnologia bastante madura [24].

As baterias de lítio-enxofre, apesar de ainda não possuírem muitas patentes, encontram-se com uma taxa de crescimento médio entre 2009 e 2013 de 33,3%. Sendo que de 2012 para 2013 a taxa de crescimento foi de 60% e que os valores de 2014 já são superiores aos de 2013 (com um crescimento de 33,8% em relação a estes) perspectiva-se que este crescimento se acentue cada vez mais. A vantagem destas baterias em relação às de íão-lítio residem na sua alta densidade energética, que é cerca de cinco vezes superior. Este crescimento corresponderá ao esforço em reduzir ou eliminar a difusão de polissulfuretos de lítio dissolvidos do cátodo para o ânodo, contribuindo desta forma para aumentar o número de ciclos de funcionamento deste tipo de bateria [67].

A situação é semelhante para o caso da bateria de fluxo, apesar de ter um número de patentes ligeiramente inferior. Possui uma taxa de crescimento médio entre 2009 e 2013 de 62,4% e apresenta um número surpreendente de patentes para o ano de 2014 que é em muito superior às de 2013, ainda não estando todas contabilizadas, sendo que na data da extração da base de dados encontrava-se numa taxa de crescimento de 75,8%. Tal beneficia o armazenamento renovável, já que as baterias de fluxo são consideradas promissoras para esse tipo de aplicação [68].

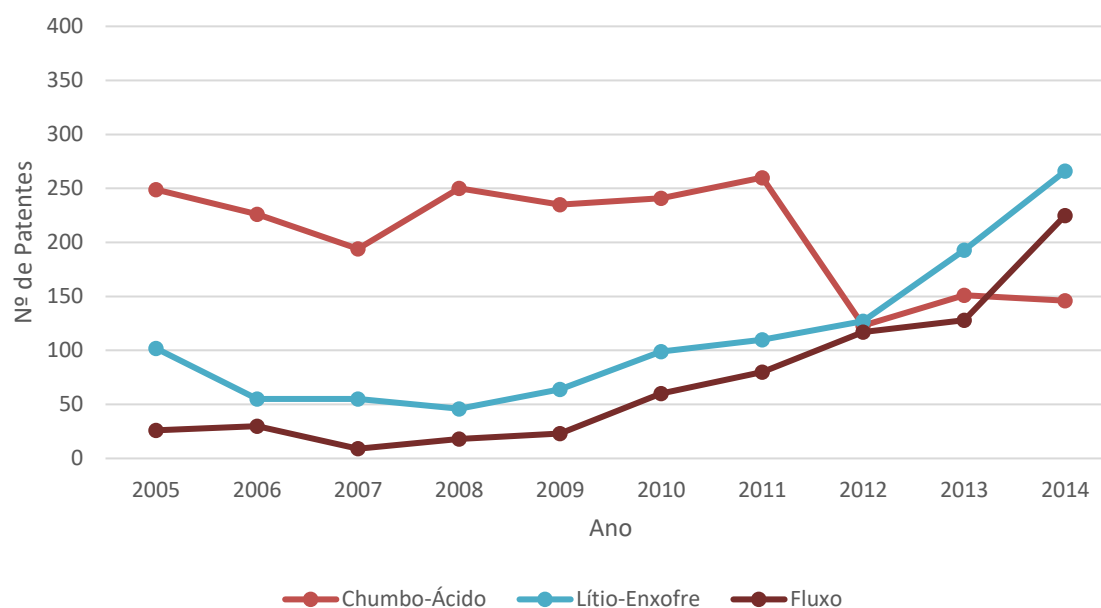


Figura 27 – Comparação do patenteamento das baterias de chumbo-ácido, lítio-enxofre e de fluxo.

Os restantes casos não chegam às 500 patentes publicadas no espaço temporal analisado. As baterias de sódio-enxofre além de possuírem um reduzido número de patentes, encontram-se em decréscimo. É portanto, de esperar pouca inovação nos próximos anos associado a este tipo de baterias. Ao contrário das baterias de ião-lítio, por exemplo, as baterias de sódio-enxofre aplicam-se apenas em larga escala. Associado a isso, sua temperatura operacional e natureza corrosiva [4] poderá justificar este reduzido número de patentes.

As baterias de níquel-cádmio, além do seu número de patentes reduzido nos últimos anos, possui uma taxa de crescimento de somente 6,6%. Como tal, não deve ser esperado um aumento do patenteamento desta tecnologia nos próximos anos. Este número de patentes é natural, já que as baterias de níquel-cádmio são uma tecnologia antiga, comercializada desde 1915 [4].

As baterias de ião-magnésio e ar-lítio apresentam valores muito reduzidos de patentes. No entanto, em ambos os casos, possuem taxas de crescimento médio de patenteamento de 62,5% e 50% respetivamente. O facto de existirem tão poucas patentes pode ser explicado por ainda não se terem tornado comercializáveis, o que influencia muito o valor económico e, como tal, o esforço de investigação. As taxas de crescimento no entanto indicam que esta tecnologia poderá começar a ter uma relevância maior.

Em síntese, conclui-se que, quanto ao tipo, as baterias baseadas em lítio, especialmente as baterias de ião-lítio, são o principal motor inovador no campo das baterias elétricas. Em 2013, as baterias da pesquisa de ião-lítio correspondiam a cerca de 15,9% do patenteamento total no conjunto de códigos, enquanto na altura da extração dos dados de 2014, o número encontrava-se em 18,4%. Se analisarmos o caso da pesquisa “Lítio”, em 2013 representavam cerca de 24,3% do conjunto de códigos e em 2014 cerca de 29,5%. Como tal, é de prever que a importância deste tipo de tecnologia continue a aumentar e que cada vez mais apareçam no mercado baterias de lítio cada vez mais bem adaptadas às suas diversas aplicações.

As tecnologias de baterias mais promissoras, a seguir ao ião-lítio, são as baterias de fluxo. Pode-se concluir também que as últimas serão mais inovadoras para aplicações estacionárias nos próximos anos do que as baterias de ião-lítio. Porém, também se pode concluir que apesar do esforço inovador verificado em toda o conjunto de códigos, as aplicações estacionárias, ou de maior escala, contribuem ainda de forma reduzida quando comparadas com as tecnologias mais direcionadas para aplicações de eletrónica de consumo ou aplicações móveis. É expectável que nos próximos anos as tecnologias

de ar-lítio e ião-magnésio também se tornem mais significativas, mas até à data tal é difícil de confirmar.

5.4. Caracterização do patenteamento conjunto do conjunto de códigos das baterias com determinadas aplicações

5.4.1. Aplicações fotovoltaicas e eólicas

Começando por analisar o caso fotovoltaico, o patenteamento em conjunto do conjunto de códigos das baterias e de tecnologias PV não é muito elevado e entre 2005 e 2013 possui uma taxa de crescimento médio de 9,7%. Começou-se por assistir a um crescimento, seguido de uma estabilização, e a partir de 2011 até 2013 o patenteamento começou a decair, com uma taxa média de -21,9% nesse período. É de esperar que o número de patentes anuais pare de decrescer e comece mesmo a crescer a partir de 2014 tendo em conta o número de patentes, com uma taxa já superior (-13,3%). No entanto, é pouco expetável que se tornem significativos no conjunto global do patenteamento em baterias. Os resultados permitem concluir que a energia solar fotovoltaica não contribui diretamente de forma significativa para o patenteamento do conjunto de códigos das baterias elétricas, sendo mais provável que esta aproveite avanços nesta área do que a estimule em grande escala. No entanto, não significa que a penetração do PV não estimule a motivação para o desenvolvimento das baterias e se traduza num aumento do número de patentes do conjunto de códigos.

No entanto, o patenteamento em carregamento de baterias através de tecnologia fotovoltaica cresceu muito entre 2005 e 2011, tendo-se tornado estável a partir de 2012. A taxa média de crescimento durante o período temporal analisado é de 17,1%. É expetável também que exista um novo crescimento de patentes nesta área. Em 2013, cerca de 6,3% do patenteamento em carregamento/extração de carga das baterias era através de tecnologia fotovoltaica, sendo já um valor considerável.

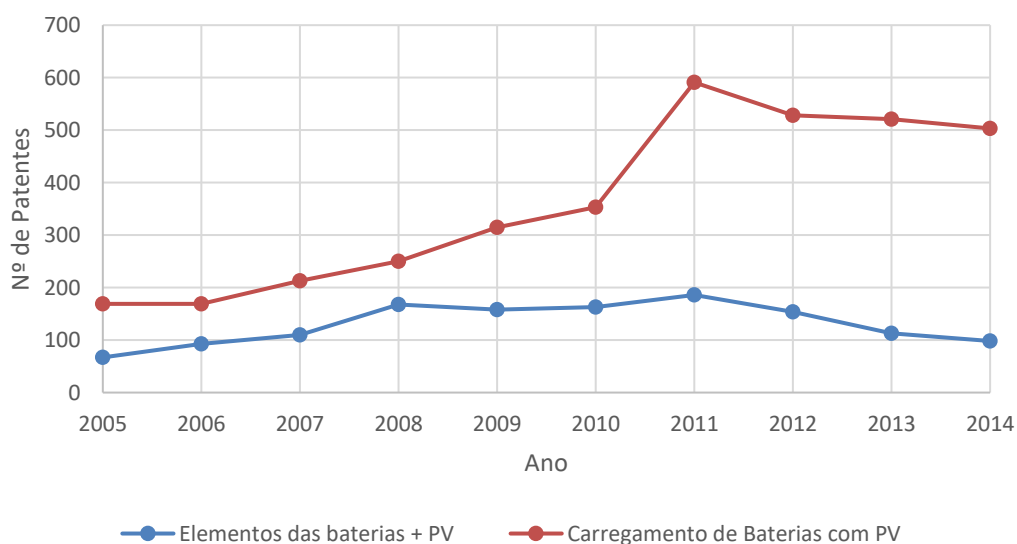


Figura 28 – Patenteamento anual associado a baterias para aplicações fotovoltaicas.

O patenteamento do conjunto de códigos das baterias elétricas e tecnologias eólicas é vestigial, não existindo sequer um código associado ao carregamento de baterias através de energia eólica, sendo que o máximo anual do período analisado foi de 14 patentes em 2009. Apesar da previsão de que o número anual de patentes suba durante os próximos anos devido à taxa de crescimento para 2014 ir na data de recolha dos dados em 20%, é pouco provável que atinjam valores significativos, já que a investigação no armazenamento deste tipo de tecnologia está mais direcionado em interações com o armazenamento hidroelétrico [69].

Por fim, pode-se concluir que tecnologias PV interferem de forma positiva na inovação no campo das baterias elétricas, através das tecnologias de carregamento de baterias e não em patentes de sistemas híbridos de bateria e tecnologias fotovoltaicas. Tal facto sugere que cada vez mais existam tecnologias *off-grid* com baterias carregadas através de células fotovoltaicas e uma contribuição para a descentralização da tecnologia. Para o caso eólico, não existe um verdadeiro sistema de inovação que ligue estas duas tecnologias. A diferença do número de patentes entre um caso e outro está relacionado com as diferenças na produção de energia entre os sistemas eólicos e fotovoltaicos, já que os primeiros operam melhor em conjunto com o armazenamento hidroelétrico [69].

5.4.2. Aplicações em mobilidade elétrica

Analisando a componente da mobilidade elétrica no patenteamento do conjunto de códigos das baterias, começou-se por comparar o patenteamento de veículos híbridos (onde se encontram as patentes de HEV) com o de veículos que têm a capacidade de se deslocar, pelo menos durante um período de tempo, através de propulsão elétrica.

O patenteamento no conjunto de códigos das baterias para veículos com propulsão elétrica não era muito significativo no início do período analisado, mas devido a uma taxa de crescimento médio muito elevado (40,7% entre 2009 e 2013) tornou o volume total de patentes bastante considerável, ainda que possa vir a crescer a uma taxa mais reduzida a partir de 2014. Esta taxa de crescimento é superior à do conjunto de códigos durante o mesmo período (14,2%).

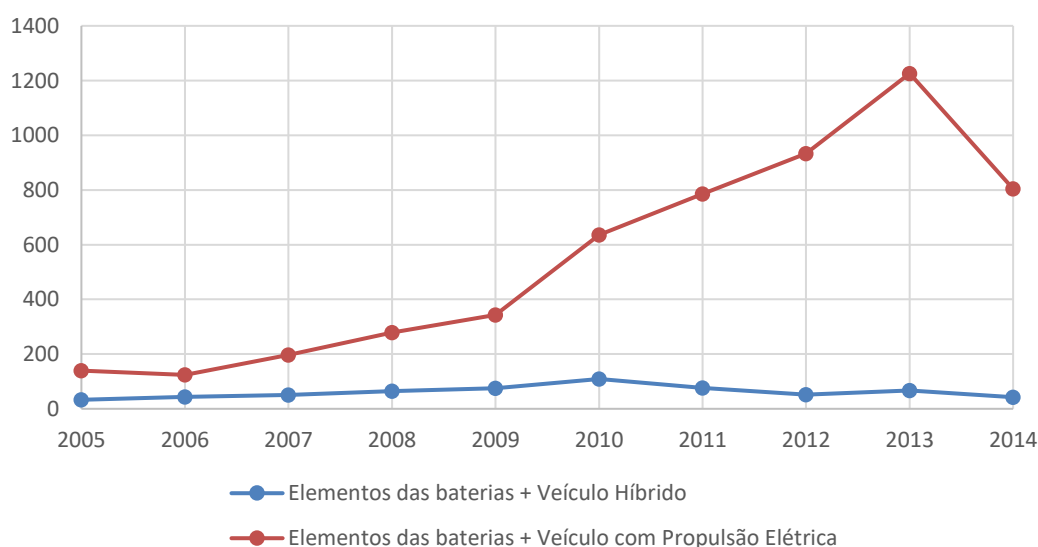


Figura 29 – Patenteamento anual de veículos híbridos e veículos de propulsão elétrica.

No caso das patentes do conjunto de códigos das baterias para veículos híbridos, o número máximo de patentes foi de apenas 109 em 2010. Este tipo de patenteamento encontra-se estável, ainda que não seja de estranhar que cresça ligeiramente a partir de 2014. O esforço inovativo encontra-se focado nos veículos que se consigam deslocar somente a propulsão elétrica. Sendo que a maioria da tecnologia HV é PHEV [65], e estes últimos podem vir patenteados em qualquer uma das duas pesquisas, é provável que a maioria seja patenteada com o código da propulsão exclusivamente elétrica o que justifica o valor reduzido de patentes de baterias para HV.

Já que os PHEV podem vir representados em qualquer uma destas pesquisas, não se pode concluir que o patenteamento das baterias se tem focado somente no BEV. No entanto, pode-se concluir que o esforço inovativo no campo das baterias de qualquer tipo de veículos híbridos está focada na propulsão fornecida ao motor elétrico, e não no auxílio ao motor de combustão interna.

O facto do esforço inovativo se centrar nas baterias para propulsão elétrica, faz com que seja de esperar que nos próximos anos exista um desenvolvimento dos BEV's e dos PHEV's, já que a bateria elétrica é uma componente fundamental dos mesmos, ao contrário, por exemplo, das tecnologias fotovoltaicas onde são um sistema de apoio.

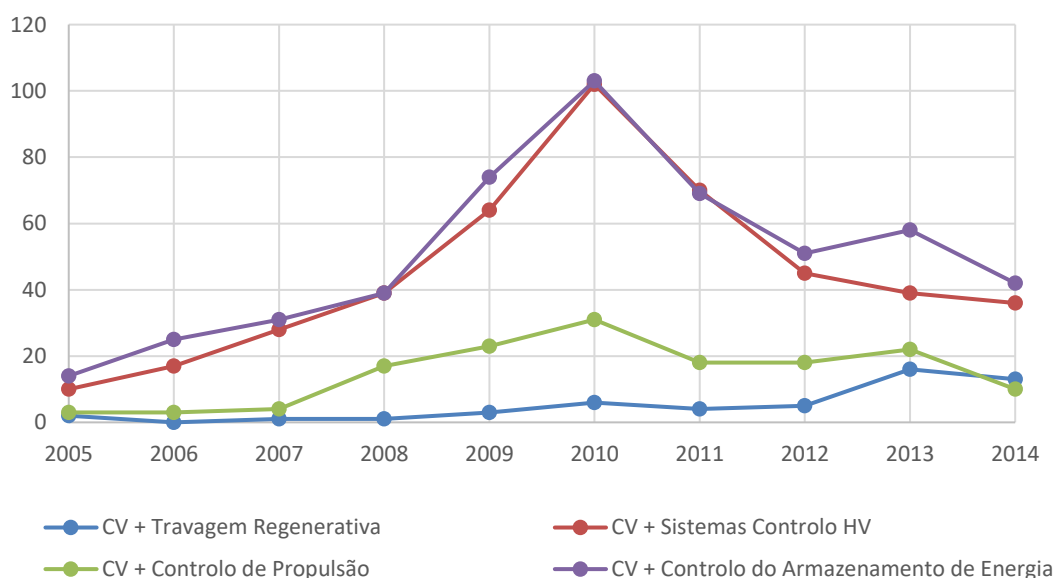


Figura 30 – Patenteamento anual do conjunto de códigos em conjunto com tecnologias associadas à mobilidade elétrica.

Na pesquisa do patenteamento de tecnologias específicas de veículos elétricos verifica-se que existem mais patentes do conjunto de códigos das baterias elétricas com sistemas de controlo de veículos híbridos e controlo de armazenamento de energia. Estas começaram por subir até ao ano de 2010, e decresceram a partir dessa data. O número de patentes destas duas bases de dados e a sua evolução temporal é muito semelhante à do caso das patentes que contêm o conjunto de códigos das baterias e o veículo híbrido. Isto leva a concluir que a inovação das baterias nesse campo esteve relacionada com estas componentes. Já que durante o período deste máximo, o patenteamento das baterias entrou num grande crescimento, é provável que isto tenha afetado o esforço inovativo para HEV's.

As outras duas componentes foram menos patenteadas durante o mesmo período de tempo. As patentes do conjunto de códigos associadas à travagem regenerativa são muito poucas, mas regista-se um crescimento médio entre 2009 e 2013 de 78% e pode-se prever que a tendência se manterá a partir de 2014. O patenteamento do conjunto de códigos com o controlo de propulsão também regista poucas patentes. Estas registaram um crescimento entre 2007 e 2010, tendo depois decaído

ligeiramente e mantendo-se estáveis desde então. Comparando com as patentes do conjunto de códigos e veículos de propulsão elétrica, podemos concluir que a inovação das baterias nessa área não se centra muito nesta componente como seria de esperar. De salientar que nas últimas quatro bases de dados analisadas, quase todas as patentes contém o grupo H01M 10, que representa as células secundárias.

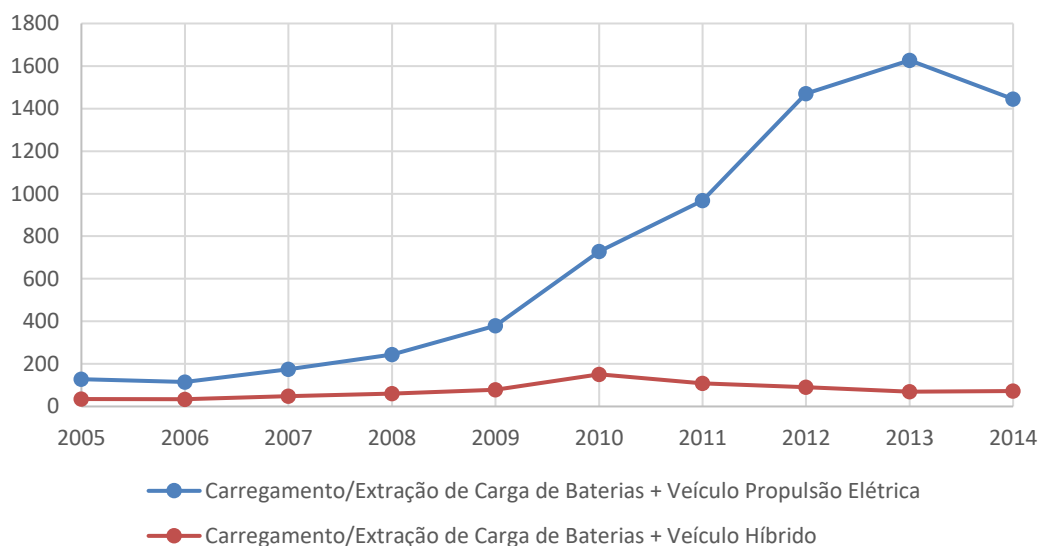


Figura 31 – Patenteamento anual do carregamento em conjunto com tecnologias associadas à mobilidade elétrica.

Analisando o patenteamento associado à infraestrutura de carregamento do veículo de propulsão elétrica, verifica-se que esta é mais patenteada do que o conjunto de códigos das baterias para o mesmo tipo de aplicações. Este tipo de tecnologia de carregamento evoluiu de forma semelhante ao do conjunto de códigos com este tipo de veículos, com as suas taxas de crescimento a tornarem-se mais acentuadas a partir de 2009 (46,9% de crescimento médio entre 2009 e 2013)). Tal poderá advir do patenteamento em tecnologias associadas ao “carregamento rápido” que ainda não possui um padrão [70] ou ao recente desenvolvimento do carregamento sem fios [71]. Isto permite concluir que a infraestrutura do veículo elétrico tem sido alvo de um esforço inovativo.

Não existindo um código associado a V2G, foi averiguado na pesquisa 8 da primeira fase quantas patentes continham no resumo as palavras “V2G”, “*vehicle-to-grid*”, “*vehicle to grid*” e existiam apenas 5 resultados. Repetiu-se o processo usando as palavras “G2V”, “*grid-to-vehicle*” e “*grid to vehicle*” e apenas se encontrou uma patente. Apesar do grupo H02J 7 conter muitas patentes para o carregamento de baterias de carros elétricos, as tecnologias V2G e G2V possuem muito poucas patentes para este caso.

Analisando o caso do veículo híbrido, o número de patentes é substancialmente inferior, mas ainda assim, existem também mais patentes de carregamento de veículos híbridos do que do conjunto de códigos + veículos híbridos.

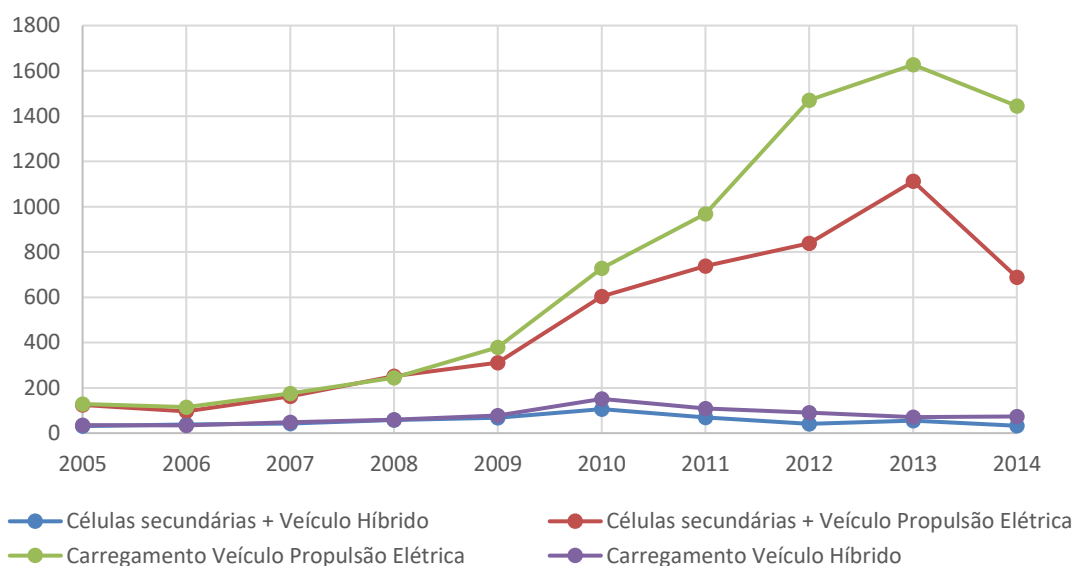


Figura 32 – Patenteamento anual do carregamento e de células secundárias para aplicações associadas à mobilidade elétrica.

A Figura 32 demonstra que o patenteamento relacionando o código das células secundárias H01M 10 com a mobilidade elétrica é semelhante ao do conjunto de códigos. Algo que já era expetável, recordando por exemplo, que a subclasse B60L (de onde vem a propulsão elétrica) se encontrava entre os principais códigos das bases de dados 3 (células secundárias), 5 (componentes não ativas e células secundárias) e 7 (componentes não ativas, elétrodos e células secundárias).

Em suma, pode-se considerar que o veículo de propulsão elétrica é um dos motores de inovação das baterias elétricas. Para 2013, somando o número de patentes das pesquisas que contenham o código H01M 10 (células secundárias) podemos concluir que 10,9% destas estão relacionadas com o veículo de propulsão elétrica, o que é um valor considerável. Em relação ao carregamento neste tipo de veículos, a aplicação desta tecnologia representa quase um quinto (19,7%) das patentes da pesquisa 8 associada ao carregamento, para o mesmo ano, que será uma consequência da expansão de estações de carregamento de EV's [1]. Apesar desse mesmo grupo do IPC também se poder referir à extração de carga das baterias, pode-se esperar um desenvolvimento da infraestrutura de carregamento de veículos do tipo PHEV e BEV nos próximos anos.

5.4.3. Aplicações para redes inteligentes

Para se efetuar a última pesquisa de patenteamento do conjunto de códigos das baterias elétricas com redes inteligentes, os dados foram adquiridos a partir do Esp@cenet. De salientar que nesta pesquisa, devido à natureza da tecnologia, foram utilizados operadores booleanos para restringir os códigos de armazenamento eletroquímico que não pertençam ao conjunto de códigos, como na primeira fase da análise.

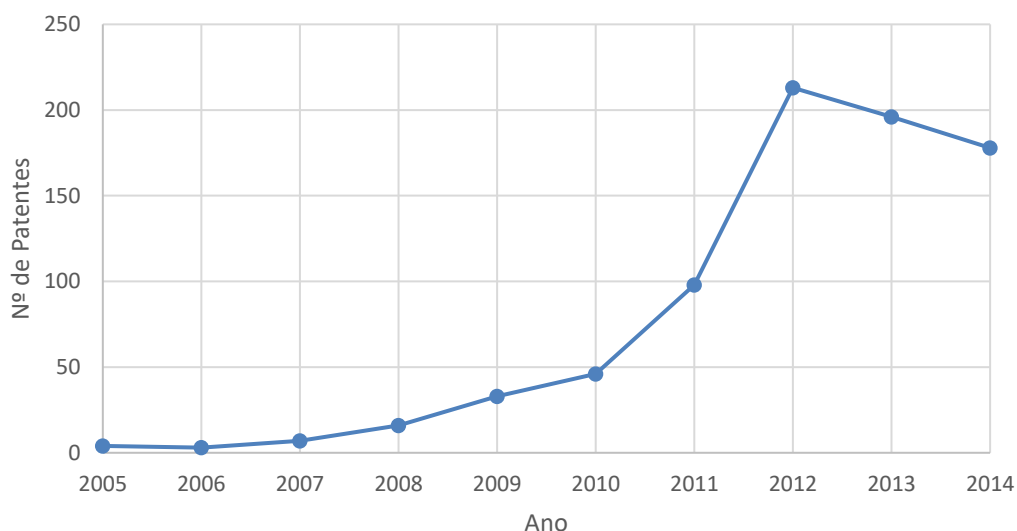


Figura 33 – Patenteamento anual do conjunto de códigos das baterias elétricas em conjunto com tecnologias associadas a redes inteligentes.

Como é possível verificar através da Figura 33, as patentes em baterias elétricas e redes inteligentes cresceram a uma taxa muito elevada durante o período temporal analisado (30,6%), embora o número anual de patentes tenha decaído ligeiramente a partir de 2012. O seu patenteamento tornou-se ainda mais relevante que o das baterias para aplicações fotovoltaicas. É estimado que a partir de 2014 entre num período de estabilização ou novo crescimento, tendo em conta os dados desse mesmo ano.

No entanto é preciso referir que o armazenamento renovável e a mobilidade elétrica são componentes essenciais das próprias *smart grids*. As posteriores análises de inovação para esses indicadores trouxeram bons indicadores para os desenvolvimentos dessas tecnologias, e o futuro deste tipo de armazenamento é importante para as próprias redes inteligentes. O número de patentes até pode ser considerado elevado se considerarmos que não existe uma indústria impulsionadora com dimensão relevante para esta tecnologia, ao contrário, por exemplo, do veículo elétrico que possui o setor automóvel a auxiliá-lo, sendo essa uma possível justificação do número de patentes pouco significativo quando comparado por exemplo com as baterias para veículos elétricos.

Capítulo 6 – Discussão dos resultados

É importante constatar que além do grande volume de patentes encontrado durante a primeira fase de análise, das sete pesquisas efetuadas associadas ao conjunto de códigos das baterias, assim como ao patenteamento de carregamento/extração de cargas das mesmas, todas se encontram em crescimento no período de 2009 e 2013, sendo a mais baixa de 7,5%. Também é importante considerar que nas quatro pesquisas com mais patentes do conjunto de códigos, o máximo encontra-se em 2013, sendo estes indicadores positivos relativamente ao desenvolvimento das baterias elétricas.

Analisando as componentes além dos códigos das subclasses, os elétrodos são a componente mais patenteada, seguindo-se os eletrólitos e por fim os separadores. No entanto, todas estas componentes contêm um significativo número de patentes. O acondicionamento é mais patenteado também do que os separadores ou eletrólitos.

A maioria das patentes encontra-se na seção da eletricidade, associada ao ramo da eletrónica. A seção da química/metalurgia e dos transportes/operações correspondem, em conjunto a quase metade do patenteamento. Os principais patenteadores pertencem a indústrias associadas a estas secções, e o fato de patentear em toda o conjunto de códigos poderá gerar sinergias positivas. No entanto, a indústria química aparenta ter um peso menor na inovação em baterias, que provém essencialmente de dois países asiáticos: Japão e Coreia do Sul. O facto do patenteamento em automóveis poder ser considerado pouco importante [41] torna curioso o fato de existir um variado número de patentes com códigos de veículos elétricos, assim como um variado número de patenteadores da indústria automóvel. Isso demonstra que o setor vê potencial na mobilidade elétrica.

A Toyota aparenta ser o grupo que contém mais patentes do conjunto de códigos das baterias elétricas. Porém, com a aquisição da Sanyo, a Panasonic tornou-se proprietária da sua propriedade industrial. Se forem somados as patentes das duas companhias representam 11569 patentes, mais do que as 8252 da Toyota.

Na análise quanto ao tipo de tecnologia, as baterias baseadas em lítio, especialmente as baterias de ião-lítio, são o principal motor inovador no campo das baterias elétricas. O facto do patenteamento em eletrólitos não-aquosos ser 81,2% das patentes relacionadas com este elemento já o fazia prever. Como tal, 82,2% da pesquisa da segunda etapa eram baterias de ião-lítio (ignorando a pesquisa “Lítio”). Em 2013, as baterias da pesquisa “ião-lítio” correspondiam a cerca de 15,9% do patenteamento total no conjunto de códigos, enquanto na altura da extração dos dados de 2014, o número se encontrava em 18,4%. Se analisarmos o caso da pesquisa “Lítio”, em 2013 representavam cerca de 24,3% do conjunto de códigos e em 2014 cerca de 29,5%. De salientar que existem patentes com o código H01M que não têm no título ou no resumo nenhuma designação que se possa associar a um tipo de bateria. Como tal, é de prever que a importância deste tipo de tecnologia continue a aumentar e que cada vez mais apareçam no mercado baterias de lítio cada vez mais bem adaptadas às suas diversas aplicações, não só na eletrónica de consumo, não existindo indícios no patenteamento que este conjunto de tecnologias tenha atingido a maturidade.

As tecnologias de baterias mais promissoras, a seguir ao ião-lítio que têm uma taxa de crescimento médio de 11,1%, são as das baterias de fluxo. Pode-se concluir também que estas últimas serão mais inovadoras para aplicações estacionárias nos próximos anos do que as baterias de sódio-enxofre, níquel-cádmio e chumbo-ácido, pois apresentam uma taxa de crescimento de 62,4%, muito superior às restantes. Este crescimento advirá da necessidade de melhorar a integração renovável na rede elétrica, em especial a energia solar fotovoltaica [68]. As baterias de lítio-enxofre possuem também uma taxa de crescimento bastante significativa, de 33,3%. Apesar das baterias de ar-lítio terem poucas patentes, apresentam uma taxa de crescimento de 50%. Tanto estas como as de lítio-enxofre poderão estar inseridas na pesquisa “lítio” frisando ainda mais o seu potencial. De salientar, que o fato de se ter utilizado o título da patente em vez do resumo na pesquisa das baterias de ar-lítio, pode ter tido uma influência negativa na deteção destas.

O patenteamento da tecnologia PV em conjunto com as baterias tem tido um crescimento médio negativo entre 2011 e 2013. O fato de os tipos de baterias mais promissores, baseados em lítio, estarem tipicamente direcionados para a eletrônica de consumo e mais recentemente mobilidade elétrica, pode justificar este reduzido número de patentes. Mas talvez o principal fator, seja o facto de a bateria de fluxo, que se encontra com taxa de crescimento de 62,4%, não ser por definição uma bateria e como tal não pertencer à subclasse das células secundárias H01M 10.

No entanto, a afinidade fotovoltaica com as baterias elétricas é verificável nos dados da pesquisa do carregamento da primeira fase da análise. Para além da taxa de crescimento médio durante o período temporal analisado ser de 17,1%, em 2013, 6,3% do patenteamento em carregamento/extração de carga de baterias foi através de tecnologias PV, mostrando assim que a indústria fotovoltaica motiva o desenvolvimento das baterias elétricas. A presença da Sanyo entre os principais patenteadores do conjunto de códigos também traduz a ideia da motivação que o mercado PV possa ter no desenvolvimento do armazenamento químico. O patenteamento das baterias para aplicações eólicas é bastante reduzido algo que seria expectável, devido à referida afinidade com o armazenamento hidroelétrico. As características da intermitência eólica fazem com que os seus períodos de funcionamento sejam diferentes do PV, e tornem o seu armazenamento mais eficiente com recurso ao armazenamento hidroelétrico ou a sistemas CAES [72].

Existem vários indicadores positivos associados à mobilidade elétrica durante todas as três fases de análise. As subclasses que podem ser associadas à mobilidade elétrica encontram-se entre as principais classes tecnológicas das várias análises. A presença de atores do mercado da mobilidade elétrica entre os principais patenteadores do conjunto de códigos, como é o caso da Toyota e da Nissan são outro indicador importante. O número de baterias em formato de bolsa poderá ser também considerado um dado positivo, ainda que isso não exclua a aplicabilidade dos outros tipos de acondicionamento de baterias a este género de aplicação.

Já na segunda fase, o elevado número de patentes de baterias de lítio também se torna num indicador positivo para a mobilidade elétrica, já que esta tecnologia tenta tornar-se cada vez mais importante neste mercado [64]. O maior indicador de que a mobilidade elétrica tem um papel de grande destaque no desenvolvimento das baterias advém do fato de 10,9% do patenteamento do conjunto de códigos em 2013 estar associado ao veículo elétrico, além de a taxa de crescimento médio entre 2009 e 2013 ser de 40,7%.

Apesar de os HV's não terem muitas patentes e estas se encontrarem em decrescimento, o carregamento é o segundo grande indicador da mobilidade elétrica, sendo que 19,7% das patentes de carregamento/extração de carga são associadas a veículos de propulsão elétrica. Com taxas médias de crescimento de 46,9% entre 2009 e 2013, traduzirá a necessidade de uma infraestrutura de carregamento para uma propagação mais eficiente dos veículos elétricos [1], assim como a necessidade de que esse carregamento seja cada vez mais rápido. Apesar disso, o patenteamento das tecnologias V2G e G2V são vestigiais.

A maioria das patentes pode ser associada a inovações de produto (78,7%). O elevado número de inovações de produto, que na sua maioria são incrementais, indicam que as baterias se têm desenvolvido essencialmente na melhoria de determinados tipos de desempenho. Caso os tipos emergentes de baterias, como as de lítio ou baterias para EV's, comecem a entrar num período de maior penetração nos respetivos mercados, é de esperar que as patentes associadas a inovações de processo comecem a aumentar. Tal também contribuirá para a melhor difusão do veículo elétrico, e redução de preços que tornem as baterias de lítio mais viáveis para armazenamento estacionário na rede elétrica.

O patenteamento do conjunto de códigos com as redes inteligentes apresenta durante o período temporal analisado uma taxa de crescimento de 30,8%, apesar de ainda existirem poucas patentes. Isso poderá explicar o baixo patenteamento em V2G e G2V. O fato de não existir uma indústria tão forte quanto a automóvel a apoiar esta evolução poderá ser uma das explicações. No entanto é preciso constatar, que ainda assim o patenteamento do conjunto de códigos das baterias com redes inteligentes tornou-se muito mais significativo do que era no início do período temporal analisado.

O aumento da inovação em tecnologias de carregamento, assim como de mobilidade elétrica são importantes para o futuro das *smart grids*.

O conjunto de sinergias que podem ser geradas através das taxas de crescimento de variados elementos das baterias, o facto de as companhias patentear em todo o conjunto de códigos, e a influência da mobilidade elétrica e do campo do PV nas baterias e infraestruturas beneficiam a inovação em baterias elétricas. O facto de terem sido observados vários indicadores de crescimento e influências do “mercado” da sustentabilidade energética, vistos através de variados ângulos trás uma perspectiva favorável a uma maior integração de tecnologias sustentáveis. Todas estas sinergias demonstram uma componente sistémica associada à inovação nas baterias, no entanto, tendo em conta o baixo patenteamento das entidades públicas (com exceção da pesquisa da primeira fase referente ao código dos elétrodo) identifica uma falha neste sistema de grande diversidade. Estas entidades poderão ter um papel especialmente importante no desenvolvimento daa mobilidade elétrica, e dessa forma não desperdiçar o interesse demonstrado pelo setor privado.

Capítulo 7 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

A presente dissertação analisou a evolução tecnológica no campo das baterias elétricas, de forma a se poder compreender o posicionamento destas relativamente a aplicações que beneficiem a integração de diversas componentes consideradas importantes para um desenvolvimento mais sustentável, como o aproveitamento ou integração renovável na rede, a difusão da mobilidade elétrica, assim como a evolução para uma rede mais inteligente.

A primeira conclusão do estudo é de que o conjunto dos patenteamentos associados a baterias elétricas se encontra em crescimento durante o período temporal analisado, assim como os códigos das diversas componentes que as constituem, além do seu carregamento/fornecimento de carga. A maioria das patentes está associada a inovações de produto de natureza incremental.

Também se concluiu que os principais patenteadores se situam na Ásia, mais concretamente no Japão e Coreia do Sul, sendo que os grupos que mais patenteiam são a Toyota, a Samsung e a Panasonic.

Os setores que mais dinamizam na área das baterias elétricas são o da eletrónica, seguido da indústria automóvel. De entre os principais patenteadores, o grupo LG é o único associado à indústria química, através da LG Chem.

Concluiu-se também que dos diversos tipos de baterias analisados, a de ião-lítio é a mais proeminente no patenteamento, tendo mais patentes que a soma dos restantes tipos de baterias, encontrando-se ainda em crescimento. Como tal, é de esperar que este tipo de baterias alargue a sua fatia de negócio na eletrónica de consumo e mobilidade elétrica. O tipo de bateria mais promissor, de acordo com os dados de patenteamento, é a bateria de lítio-enxofre, apresentando a maior taxa de crescimento de entre todas as baterias, sendo este de 50% entre 2012 e 2013. Se considerarmos as tecnologias associadas a baterias de fluxo, estas são ainda mais promissoras, tendo uma taxa de crescimento ainda maior que a bateria de lítio-enxofre. Os resultados permitem concluir que a bateria de fluxo poderá tornar-se numa das principais tecnologias de armazenamento estacionário, beneficiando também o armazenamento renovável e em especial o fotovoltaico.

Através da análise dos resultados, não é exetável que as baterias associadas a turbinas eólicas tenham grandes desenvolvimentos a médio prazo, além de possuírem maior afinidade com as tecnologias hidroelétricas. No entanto, os sistemas *off-grid* onde baterias são carregadas através de energia solar são uma parcela visível no patenteamento em carregamento/extração de carga das baterias, que tem vindo a crescer nos últimos anos.

Em relação à mobilidade elétrica, esta tem um impacto bastante considerável no patenteamento do conjunto de elementos da bateria elétrica, sendo esse impacto ainda mais visível no patenteamento de carregamento/extração de carga de baterias. Como tal, conclui-se que o veículo elétrico é um estimulador direto, e de considerável relevo, no patenteamento das baterias elétricas.

A evolução do patenteamento de baterias com redes inteligentes teve um crescimento acentuado durante o período temporal analisado. Porém, esse crescimento ainda não produziu um número muito significativo de patentes. Como tal, é de esperar que o desenvolvimento de baterias adaptadas a estas aplicações seja mais lento do que em relação ao PV e mobilidade elétrica.

Como tal, concluiu-se que tecnologias associadas a um desenvolvimento mais sustentável como o veículo elétrico e a energia solar fotovoltaica têm influência no patenteamento das baterias, ainda que não sejam o seu principal motor inovador. O peso do veículo elétrico no patenteamento é já muito significativo, chegando a ser quase um quinto das patentes de carregamento/extração de carga das baterias. A influência do ramo fotovoltaico também vem refletida no patenteamento do carregamento das baterias, porém, de forma mais reduzida.

Para trabalho futuro, é sugerido que se centre a análise num determinado tipo de aplicação como por exemplo um estudo exclusivamente focado no patenteamento de baterias associadas à mobilidade elétrica.

Referências

- [1] IEA, World Energy Outlook 2014, 2014.
- [2] L. R. Brown, h. J. Larsen, J. M. Roney e E. E. Adams, The Great Transition: Shifting From Fossil Fuels to Solar and Wind Energy, W.W. Norton & Company, 2015.
- [3] U. Nations, “Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development,” 1987.
- [4] I. E. C. IEC, “Electrical Energy Storage,” 2011.
- [5] IEA, Key World Energy Statistics 2014, 2014.
- [6] ITF, “Smart Grids and Electric Vehicles: Made for Each Other?, Trevor MORGAN, International Transport Forum Discussion Paper No. 2012-02,” 2012.
- [7] J. Fagerberg, “Chapter 1 - Innovation a guide to the literature,” em *The Oxford Handbook of Innovation*, 2004.
- [8] S. Pressman, Fifty Major Economists, Routledge, 1999.
- [9] P. A. N. Maduegbuna, “Creative –Destruction: The Essence of Entrepreneurial Studies,” *IOSR Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF)*, 2014.
- [10] W. Dai e K. Yu, “Contestability in the Digital Music Player Market,” *SSRN*, 2015.
- [11] K. Bruland e D. Mowery, “Innovation Through Time,” em *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press, 2004.
- [12] D. J. Teece, “Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy,” *Research Policy*, 1986.
- [13] F. Malerba e P. Adams, “Sectoral systems of innovation,” em *The Oxford Handbook of Innovation Management*, 2014.
- [14] OECD, “Entrepreneurship at a Glance 2014,” 2014.
- [15] A. Salter e O. Alexy, “The nature of innovation,” em *The Oxford Handbook of Innovation Management*, 2014.
- [16] J. Caraça, B.-Å. Lundvall e S. Mendonça, “The changing role of science in the innovation process: From Queen to Cinderella?,” *Technological Forecasting and Social Change*, 2009.
- [17] C. Freeman, Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan, Pinter, 1987.
- [18] B.-Å. Lundvall, “From innovation as an interactive process to the national system of innovation in an era of globalization - lessons for enterprises, universities and public policy,” Havana, 2015.
- [19] B.-Å. Lundvall, “Combining The Global Value Chain And The Innovation System Perspective: A New Agenda For Globelics Research,” Daegu, 2014.
- [20] BP, BP Statistical Review of World Energy June 2014, 2014.

- [21] IEA, July 2015. [Online].
- [22] O. Ellabban, H. Abu-Rub e F. Blaabjerg, “Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2014.
- [23] REN, May 2015. [Online]. Available: <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/Paginas/CIHomePage.aspx>.
- [24] I. Hadjipaschalis, A. Poullikkas e V. Efthimiou, “Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2008.
- [25] H. M. Ramos, M. P. Amaral e D. I. C. Covas, “Pumped-Storage Solution towards Energy Efficiency and Sustainability: Portugal Contribution and Real Case Studies,” *Journal of Water Resource and Protection*, 2014.
- [26] J. O. Bockris e A. K. N. Reddy, *Modern Electrochemistry 2B: Electrodeics in Chemistry, Engineering, Biology and Environmental Science*, Kluwer, 2001.
- [27] L. Giorgi e F. Leccese, “Fuel Cells: Technologies and Applications,” *The Open Fuel Cells Journal*, 2013.
- [28] J. Larminie e A. Dicks, *Fuel Cell Systems Explained*, John Wiley & Sons Ltd, 2003.
- [29] B. Informationsdienst, “Compressed air energy storage power plants,” *Projektinfo*, 2007.
- [30] M. Piccolino, “The bicentennial of the Voltaic battery (1800–2000): the artificial electric organ,” *Trends neurosci.*, 2000.
- [31] D. H. Doughty, P. C. Butler, A. A. Akhil, N. H. Clark e J. D. Boyes, “Batteries for Large-Scale Stationary Electrical Energy Storage,” *The Electrochemical Society*, 2010.
- [32] P. V. Braun, J. Cho, J. H. Pikul, W. P. King e H. Zhang, “High power rechargeable batteries,” *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 2012.
- [33] T. Norby, *Materials for Electrochemical Energy Conversion and Storage*, 2013.
- [34] [Online]. Available: <http://sustainable-nano.com/>.
- [35] CECOM, “Battery basics: A primer for battery technology”.
- [36] R. Mohtadi e F. Mizuno, “Magnesium batteries: Current state of the art, issues and future perspectives,” *Beilstein*, 2014.
- [37] SEAI, *A Guide to Electric Vehicles*.
- [38] U.S-Department-of-Energy, *Vehicle Technologies Program*, 2011.
- [39] IEA, *Technology Roadmap: Smart Grids*, 2011.
- [40] KEMA, *Electric Vehicles and the Smart Grid*.
- [41] P. Patel e K. Pavitt, “Patterns of Technological Activity: their Measurement and Interpretation,” em *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, 1995.

- [42] D. C. Franzoni, “Using patent and publication data in empirical economic research,” em *2008 European Summer School on Industrial Dynamics*, 2008.
- [43] B. Golembiewski, N. v. Stein, N. Sick e H.-D. Wiemhöfer, “Identifying trends in battery technologies with regard to electric mobility: evidence from patenting activities along and across the battery value chain,” *Journal of Cleaner Production*, 2014.
- [44] M. McKelvey, “Science, Technology and Business Innovation,” em *The Oxford Handbook of Innovation Management*, 2014.
- [45] K. Smith, “Measuring Innovation,” em *The Oxford Handbook of Innovation*, 2006.
- [46] A. Leiponen, “Intellectual Property Rights, Standards, And the Management of Innovation,” em *The Oxford Handbook of Innovation Management*, 2014.
- [47] S. M. (Coordenador), “Estudo Sobre o Contributo das Marcas para o Crescimento Económico e para a Competitividade Internacional,” 2011.
- [48] M. F. G. Macedo e A. L. F. Barbosa, *Patentes, Pesquisa & Desenvolvimento: um manual de propriedade intelectual*, Fiocruz, 2000.
- [49] J. F. Cunha, *Propriedade Industrial: Direitos Tecnológicos*, 2014.
- [50] A. Gambardella, P. Giuri e S. Torrisi, “Markets for technology,” em *The Oxford Handbook of Innovation Management*, 2014.
- [51] F. Etro, “Public Patents, Private Secrets, Persistent Monopolists and Radical Innovators”.
- [52] F. R. INPI, *Pesquisa de Patentes: Informação Tecnológica*, 2014.
- [53] T. D. INPI, *Pesquisas Online: Bases de Dados e Informação Tecnológica*, 2014.
- [54] T. D. INPI, *Pesquisa de Patentes*, 2014.
- [55] B. Jürgensa e V. Herrero-Solana, “Espacenet, Patentscope and Depatisnet: A Comparison Approach,” *World Patent Information*, 2015.
- [56] July 2015. [Online]. Available: <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>.
- [57] WIPO, *International Patent Classification Guide (Version 2015)*, 2015.
- [58] WIPO, “IPCCAT - Categorization Assistant in the International Patent Classification version 2013.01,” July 2015. [Online]. Available: <https://www3.wipo.int/ipccat/>.
- [59] WIPO. [Online]. Available: <http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/est/>.
- [60] B. Hall, C. Helmers, M. Rogers e V. Sena, “The Choice between Formal and Informal Intellectual Property: A Review,” *Journal of Economic Literature*, 2014.
- [61] Visiongain, “Grid-Scale Battery Storage Technologies Market Report 2016-2026,” 2016.
- [62] X. Liu, C. Baochen, S. Liu e Y. Chen, “Progress of Non-Aqueous Electrolyte for Li-Air Batteries,” *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 2015.
- [63] K. Yeow, H. Teng, M. Thelliez e E. Tan, “3D Thermal Analysis of Li-ion Battery Cells with Various Geometries and Cooling Conditions Using Abaqus,” em *SIMULIA Community Conference*, 2012.

- [64] Q. Xiao, B. Li, F. Dai, L. Yang e M. Cai, “Application of Lithium Ion Battery for Vehicle Electrification,” em *Electrochemical Energy: Advanced Materials and Technologies*, 2015.
- [65] M. Yoshio, R. J. Brodd e A. Kozawa, *Lithium Ion-Batteries Science and Technologies*, Springer, 2009.
- [66] Panasonic. [Online]. Available:
https://www.panasonic.com/global/corporate/ir/pdf/IR100729_en.pdf.
- [67] L. Qie e A. Manthiram, “High-Energy-Density Lithium-Sulfur Batteries Based on Blade-Cast Pure Sulfur Electrodes,” *ACS Energy Letters*, 2016.
- [68] P. Alotto, M. Guarnieri e F. Moro, “Redox flow batteries for the storage of renewable energy: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013.
- [69] H. Ding, Z. Hu e Y. Song, “Stochastic optimization of the daily operation of wind farm and pumped-hydro-storage plant,” *Renewable Energy*, 2012.
- [70] A. R. F. a. M. & C. T. Netherlands, “Electric vehicles in Europe: gearing up for a new phase?,” 2014.
- [71] P. Bansal, “Charging of Electric Vehicles: Technology and Policy Implications,” *Journal of Science Policy & Governance*, 2015.
- [72] C. J. Barnhart, M. Dale, A. R. Brandt e S. M. Benson, “The energetic implications of curtailing versus solar - and wind- generated electricity,” *Energy & Environmental Science*, 2013.

Anexos

Anexo I - Códigos de busca da primeira etapa

Etapa(s) do conjunto de códigos	Nº da pesquisa	Pesquisa
Componentes não ativas	1	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(H01M2 NOT H01M4 NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M10 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Eléttrodo	2	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(H01M4 NOT H01M2 NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M10 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Células secundárias	3	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(H01M10 NOT H01M2 NOT H01M4 NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Componentes não ativas e elétródos	4	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 AND H01M4) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M10 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Componentes não ativas e células secundárias	5	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 AND H01M10) NOT H01M4 NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Eléttrodo e células secundárias	6	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M4 AND H01M10) NOT H01M2 NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Componentes não ativas, elétródos e células secundárias	7	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 AND H01M4 AND H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14 NOT H01M16)
Carregamento	8	DP:([01.01.2010 TO 31.12.2014]) AND IC:(H02J3/32 OR H02J7)

Anexo II - Principais códigos das pesquisas que cobrem uma etapa do conjunto de códigos

Componentes não ativas		Eléttodos		Células secundárias	
Subclasse	Nº de Patentes	Subclasse	Nº de patentes	Subclasse	Nº de patentes
H01G	1316	C01B	2692	H02J	14447
B32B	901	C01G	2038	B60L	4381
C08J	817	B01J	1924	G01R	4260
H01R	604	H01G	1708	H01G	954
H02J	590	C22C	900	B60K	921

Anexo III - Principais códigos das pesquisas que cobrem mais de uma etapa do conjunto de códigos

Componentes não ativas + elétrodos		Componentes não ativas + células secundárias		Elétrodos + células secundárias		Componentes não ativas + elétrodos + células secundárias	
Subclasse	Nº de patentes	Subclasse	Nº de patentes	Subclasse	Nº de patentes	Subclasse	Nº de patentes
H01G	82	H02J	1319	C01G	1298	H01G	228
B05D	39	B60L	745	C01B	1138	C01G	75
C01G	34	H01G	609	H01G	931	B60L	69
B32B	23	G01R	357	H01B	345	H02J	64
C22C e B23K	18	B60K	322	C22C	306	C01B	40

Anexo IV - Principais patenteadores das pesquisas que cobrem uma etapa do conjunto de códigos

Componentes não ativas			Elétrodos			Células secundárias		
Grupo	Nº de Patentes	País	Grupo	Nº de Patentes	País	Grupo	Nº de Patentes	País
Samsung	2482	Coreia do Sul	Toyota	1590	Japão	Toyota	2909	Japão
LG	1552	Coreia do Sul	Samsung	1069	Coreia do Sul	Panasonic	1826	Japão
Toyota	1371	Japão	Panasonic	1035	Japão	Samsung	1329	Coreia do Sul
Panasonic	1102	Japão	LG	644	Coreia do Sul	Sanyo	1110	Japão
Sanyo	1099	Japão	Sanyo	547	Japão	LG	1078	Coreia do Sul
Hitachi	782	Japão	Mitsubishi	455	Japão	Mitsubishi	882	Japão
Bosch	697	Alemanha	Hitachi	421	Japão	Hitachi	811	Japão
Sony	566	Japão	Nissan	375	Japão	Sony	795	Japão
Mitsubishi	526	Japão	GS Yuasa	313	Japão	Bosch	701	Alemanha
GS Yuasa	515	Japão	Sony	302	Japão	Nissan	626	Japão

Anexo V - Principais patenteadores das pesquisas que cobrem duas etapa do conjunto de códigos

Componentes não ativas + elétrodos			Componentes não ativas + células secundárias			Elétrodos + células secundárias		
Grupo	Nº de Patentes	País	Grupo	Nº de Patentes	País	Grupo	Nº de Patentes	País
Panasonic	78	Japão	Samsung	1684	Coreia do Sul	Panasonic	1264	Japão
Samsung	70	Coreia do Sul	Toyota	940	Japão	Toyota	1188	Japão
Sumitomo Chemical	49	Japão	LG	872	Coreia do Sul	Sanyo	1103	Japão
Toshiba	42	Japão	Panasonic	853	Japão	Sony	898	Japão
Toyota	38	Japão	Sanyo	793	Japão	Samsung	870	Coreia do Sul
Nissan	26	Japão	Hitachi	536	Japão	LG	818	Coreia do Sul
Sony	26	Japão	Bosch	535	Alemanha	Hitachi	630	Japão
Hitachi	23	Japão	Sony	395	Japão	Mitsubishi	428	Japão
GS Yuasa	23	Japão	Nissan	325	Japão	NEC	393	Japão
LG e Sanyo	22	Coreia do Sul/Japão	Mitsubishi	274	Japão	Nissan	319	Japão

Anexo VI - Principais patenteadores das pesquisas que cobrem todas as etapas do conjunto de códigos

Componentes não ativas + elétrodos + células secundárias		
Grupo	Nº de Patentes	País
Panasonic	524	Japão
Nissan	227	Japão
Toyota	216	Japão
Sanyo	213	Japão
Hitachi	198	Japão
Sony	197	Japão
Samsung	192	Coreia do Sul
LG	159	Coreia do Sul
Toshiba	140	Japão
NEC	119	Japão

Anexo VII - Descrição dos códigos utilizados na identificação de diversos elementos das baterias elétricas

Código do IPC	Descrição
H01M 10/056	Caracterizado pelos materiais usados para eletrólitos não aquosos
H01M 10/08	Seleção de eletrólitos para acumuladores de chumbo-ácido
H01M 10/10	Imobilização de eletrólitos de acumuladores de chumbo-ácido
H01M 10/22	Seleção de eletrólitos para acumuladores com eletrodo de chumbo
H01M 10/26	Seleção de eletrólitos para acumuladores alcalinos
H01M 2/36	Combinações para encher ou esvaziar caixas com, ou, líquido, por exemplo, encher com eletrólitos, para lavar
H01M 2/38	Combinações para eletrólitos em movimento
H01M 2/14	Separadores, membranas, diafragmas, elementos de espaçamento
H01M 2/16	Separadores, membranas, diafragma, elementos de espaçamento caracterizados pelo material
H01M 2/18	Separadores, membranas, diafragma, elementos de espaçamento caracterizados pela forma
H01M 2/02	Caixas, revestimento ou invólucros
H01M 2/04	Coberturas ou tampas
H01M 2/06	Arranjos para introdução de conexões elétricas até ou através das caixas
H01M 2/08	Materiais impermeáveis para caixas, revestimento ou invólucros

Anexo VIII - Códigos associados à inovação de processo

Subclasse do IPC	Códigos da subclasse associados à produção ou construção
H01M 4 - Eléttodos	H01M 4/04, H01M 4/08, H01M 4/10, H01M 4/12, H01M 4/139, H01M 4/1391, H01M 4/13915, H01M 4/1393, H01M 4/1395, H01M 4/1397, H01M 4/1399, H01M 4/16, H01M 4/18, H01M 4/20, H01M 4/21, H01M 4/22, H01M 4/23, H01M 4/26, H01M 4/28, H01M 4/29, H01M 4/30, H01M 4/88
H01M 10 – Células secundárias	H01M 10/04, H01M 10/058, H01M 10/0583, H01M 10/0585, H01M 10/0587, H01M 10/12, H01M 10/14, H01M 10/16, H01M 10/28, H01M 10/38

Anexo IX - Códigos de busca da segunda etapa

Tipo de bateria	Código de busca
Chumbo-Ácido	FP:(("Lead acid") OR ("lead-acid") OR ("VRLA") OR ("SLA")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Ár-Lítio	EN_TI:(("Lithium-air") OR ("lithium air") OR ("Lithium-oxygen") OR ("Lithium oxygen") OR ("Li-air") OR ("Li air") OR ("LiO2") OR ("Li-O2")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Ião-Lítio	FP:(("Lithium-ion") OR ("Lithium ion") OR ("Li-ion") OR ("Li ion") OR ("Lithium cobalt") OR ("Lithium-cobalt") OR ("Lithium-manganese") OR ("Lithium manganese") OR ("Lithium phosphate") OR ("Lithium-phosphate") OR ("LiFePO4") OR ("Lithium iron phosphate") OR ("Lithium titanate") OR ("Lithium Polymer") OR ("Lithium-polymer") OR ("LiPo") OR ("Li-Poly")) AND DP:([01.01.2012 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Lítio-Enxofre	FP:(("Lithium Sulfur") OR ("lithium-sulfur") OR ("Lithium sulphur") OR ("Lithium-sulphur") OR ("Li-S")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Ião-Magnésio	FP:(("magnesium ion") OR ("magnesium-ion") OR ("Mg-ion")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Níquel-Cádmio	FP:(("nickel cadmium") OR ("nickel-cadmium") OR ("Ni-cd") OR ("Nid")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Fluxo	FP:(("Flow battery") OR ("Redox-flow battery") OR ("RFB") OR ("Vanadium redox batter*") OR ("Vanadium redox flow") OR ("VRB") OR ("Zinc bromine flow") OR ("Zinc bromine batter*") OR ("ZNBR") OR ("Iron chromium flow") OR ("iron chromium batter*")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M8 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M12 NOT H01M14)
Enxofre-Sódio	FP:(("Sodium Sulfur") OR ("sodium-sulfur") OR ("Sodium sulphur") OR ("Sodium-sulphur") OR ("Na-S")) AND DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)

Anexo X - Códigos de busca da terceira etapa

Tipo de bateria	Código de busca
Conjunto de códigos + PV	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) AND (H01L27/142 OR H01L31/02 OR H01L31/0248 OR H01L31/04 OR H01G9/20 OR H02N6/00 OR H01L25/00 OR H01L27/30 OR H01G9/20 OR H01M14 OR (H01L31/00 NOT H01L31/08 NOT H01L31/12 NOT H01L31/18)) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12)
Conjunto de códigos + Eólico	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:((H01M2 OR H01M4 OR H01M10) AND (F03D OR H02K7/18) NOT H01M6 NOT H01M8 NOT H01M12 NOT H01M14)
Conjunto de códigos + HV	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(B60K6 AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10))
Conjunto de códigos + EV	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(B60L11 AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10))
Conjunto de códigos + Travagem Regenerativa	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(B60L7/10 AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10))
Conjunto de códigos + Controlos HV	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(B60W20 AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10))
Conjunto de códigos + Controlo Propulsão	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(B60W10/04 AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10))
Conjunto de códigos + Controlo Armazenamento	DP:([01.01.2005 TO 31.12.2014]) AND IC:(B60W10/24 AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10))
Conjunto de códigos + Redes Inteligentes (Via Esp@cenet)	2005-2014 as the publication date AND Y04S/low as the Cooperative Patent Classification AND (H01M2 OR H01M4 OR H01M10) NOT (H01M6 OR H01M8 OR H01M12 OR H01M14) as the IPC classification